



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTOL: ESTUDI DE DIVERSES MODIFICACIONS D'UN MOTOR DE GASOLINA DE 2 TEMPS DE PETITA CILINDRADA PER A MILLORAR LES SEVES PRESTACIONS.

AUTOR: JAUME A. GUZMÁN GODIA

TITULACIÓ: GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA

ESCOLA: EPSEVG

DIRECTOR: DR. JAUME MIQUEL MASALLES

DEPARTAMENT: MECÀNICA DE FLUIDS (729)

DATA: 01 de Juliol de 2016

Aquest Treball Final de Grau té en compte aspectes mediambientals: ■ Sí □ No

TREBALL FINAL DE GRAU

RESUM (màxim 50 línies)

A partir d'un motor de gasolina de 2 temps de 49 cc AM6 de 6 velocitats, de la marca Minarelli, muntat sobre el xassís d'un ciclomotor Rieju SM SPIKE de l'any 2005, s'estudiarà la possible millora de prestacions d'aquest al realitzar una sèrie de modificacions a nivell intern i extern al propi motor.

Les modificacions que es duran a terme són:

- Poliments (es realitzarà el poliment del càrter, el poliment de la culata,...).
- Planificacions (es planificaran la culata i el cigonyal).
- Reduccions (alleugeriment del rotor i contrapès...)
- Refrigeració (s'instal·larà un segon radiador).

I es realitzarà un anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal utilitzat durant el projecte mitjançant el programa SIEMENS NX8.

Es partirà d'un motor restaurat a partir d'uns altres dos motors (un ple d'aigua i parat des de fa 4 anys i l'altre operatiu però amb modificacions) amb la biela i cigonyal reforçats (TOP Performance), la bobina sense límit de revolucions (TOP Performance), la bomba d'oli anul·lada, els discs d'embragatge anti-patinatge (TOP Performance), les làmines de carboni i amb un filtre d'aire que no és l'original (però el motor carburat degudament).

Per demostrar l'efecte de les modificacions del motor muntat sobre el ciclomotor es farà servir un banc de proves (MOTOLAB) per dur a terme la lectura de paràmetres de funcionament com el parell motor en funció de les revolucions (rpm), la potència en funció de les revolucions (rpm) i el nivell sonor (dB). Així mateix, el consum serà mesurat en una petita prova sobre un circuit urbà preestablert, i les emissions es determinaran segons el procediment establert per la ITV.

La metodologia de treball consistirà en una primera lectura dels paràmetres operatius esmentats pel motor de sèrie restaurat i, posteriorment, es tornaran a realitzar les mesures un cop dut a terme cada conjunt de modificacions per obtenir els nous paràmetres operatius i poder així valorar la conveniència dels canvis produïts.

El motor final, una vegada efectuades les modificacions, ha presentat unes prestacions un tant inferiors a les del motor restaurat de sèrie. S'ha perdut un 2,14% de potència (de 5,62 CV o 4,13 kW a 5,5 CV o 4,04 kW), un 9,17% de parell motor (de 0,556 kgm o 5,45 Nm a 0,505 kgm o 4,95 Nm), i un 11,22% de velocitat màxima (de 86,97 km/h a 77,21 km/h).

Pel que fa al consum, ha augmentat prop d'un 4,72%, de 5,93 L/100 km a 6,21 L/100 km.

Les simulacions realitzades amb el SIEMENS NX8 per analitzar les tensions i deformacions del cigonyal modificat han confirmat la fiabilitat del component, donant una deformació màxima d' $1,88 \cdot 10^{-4}$ mm als laterals del boló que uneix les dues meitats del cigonyal, i una tensió de Von Mises màxima de 3,07 MPa a les unions dels eixos amb els laterals del cigonyal i les d'aquestes amb el boló.

Els resultats del treball han demostrat: **1)** la necessitat de dur a terme un estudi molt més ampli a l'hora d'alleugerir el rotor, el contrapès i el cigonyal. **2)** el poliment dels components del motor en contacte amb la mescla suavitza el funcionament però no altera la corba de potència, ni la de parell motor, ni incrementa la velocitat màxima. **3)** la importància de mantenir la compressió i minimitzar les turbulències en la cambra de combustió. **4)** la repercussió de les modificacions sobre les emissions i consum del motor. També s'ha evidenciat que **el motor de sèrie està molt optimitzat**.

El pressupost total aproximat de la realització d'aquest projecte ha estat de 1.059 €.

Paraules clau (màxim 10):

1. MOTOR GASOLINA	2. MOTOR 2T	3. MOTOR PETITA CILINDRADA	4. MODIFICACIONS MOTOR
5. POSADA A PUNT MOTOR	6. BANC DE PROBES	7. CORBES CARACTERÍSTIQUES	8. SIMULACIÓ SIEMENS NX 8
9.	10.		

FINAL GRADE PROJECT

ABSTRACT (50 lines maximum)

From a gasoline engine 2-stroke of 49 cc AM6 6 speeds, the brand Minarelli, mounted on the chassis of a moped Rieju SPIKE SM of the year 2005, it will examine the possible improvement to make a number of changes in internal and external level in the engine.

The modifications that take place are:

- Polished (will be done on the oil sump, the butt, etc.).
- Schedules (comprise the butt and the crankshaft).
- Reductions (relief of the rotor and counterweight...)
- Refrigeration (install a second radiator).

And there will be an analysis of stresses and deformations of the crankshaft used during the project by the SIEMENS program NX8.

It will depart from a restored engine from other two motors (one filled with water and stopped from 4 years ago and the other operational but with modifications) with the connecting rod and crankshaft, reinforced (TOP Performance), the coil without limit of RPM (TOP Performance), the oil pump cancelled, anti-skating clutch disks (TOP Performance), the carbon plates and with an air filter which is not the original (but the engine carburates properly).

To demonstrate the effect of the modifications of the engine mounted on the moped will be used a test (MOTOLAB) to carry out the reading of operating parameters such as the torque depending on the revolutions (rpm), depending on the power of revolutions (rpm) and the sound level (dB). Likewise, consumption will be measured in a small test on an urban circuit preset and emissions will be determined according to the procedure established by the ITV.

The methodology consists of an initial reading of the operating parameters mentioned by restored series engine, then, will be to carry out the measures once carried out each set of modifications for the new operating parameters and thus assess the appropriateness of the changes.

The final engine, once made the modifications, has presented a performance inferior to the restored engine as standard. It has lost a 2.14% of power (of 5.62 CV or CV 5.5 kW at 4.13 or 4.04 kW), a 9.17% of torque (kgm kgm of 5.45 0.505 Nm at 0.556 or or 4.95 Nm), and a 11.22% of maximum speed (in km/h 86.97 to 77.21 km/h).

Regarding consumption has increased nearly 4.72 %, from 5.93 L / 100 km to 6.21 l / 100 km .

The simulations performed with the SIEMENS NX8 to analyze the stresses and deformations of the modified crankshaft have confirmed the reliability of the component, giving a maximum deflection of 1.88×10^{-4} mm on the sides of the pin that connects the two halves of the crankshaft, and a Von Mises stress of 3.07 Pa in the joints of the axles with the sides of the crankshaft and the of these with the pin.

The results of the work have shown: 1) the need to carry out a much wider study in time to relieve the rotor, the counterweight and the crankshaft. 2) the sanding of the engine components in contact with the mixture smooths out the operation but does not alter the power curve, or the torque, or increase the maximum speed. 3) the importance of keeping the compression to minimize the turbulence in the combustion chamber. 4) the impact of the changes on the emissions and consumption of the engine. It has also been demonstrated that the series is very optimized.

The total budget approximate of the realization of this project has been of 1.059 €.

Keywords (10 maximum):

1. PETROL ENGINE	2. 2 STROKE ENGINE	3. SMALL ENGINE MOTOR	4. ENGINE MODIFICATIONS
5. FINE TUNING THE ENGINE	6. TEST BENCH	7. CURVES FEATURES	8. SIEMENS NX 8 SIMULATION
9.	10.		

AGRAÏMENTS

Voldria expressar el meu sincer agraïment a totes les persones que d'alguna manera han contrbuït al desenvolupament d'aquest projecte ja sigui per ajuda moral, conceptual, econòmica o emocional. Cal dir que molt possiblement, sense aquestes persones i l'efecte que han causat en la meva vida, no hagués pogut dur a terme aquest Treball Final de Grau, el qual es un reflex de la meva principal afició (als motors tèrmics i a les motocicletes), la qual es va manifestar en la meva adolescència.

En especial, agrair l'incondicional suport, ajut, paciència i amor dels meus pares des de sempre, durant el transcurs d'aquest projecte, i pel dia que van decidir ajudar-me a comprar el ciclomotor, causant en mi el despertar de la passió per la mecànica.

Agrair a l'Àngela la paciència per aguantar el meu habitual mal humor al llarg del transcurs d'aquest Treball Final de Grau.

Als meus ex-companys de feina, mestres i amics David Cano i Antonio Moreno, pels coneixements, ajuda, idees i suport durant la meva etapa inicial de formació com a mecànic i durant el desenvolupament del projecte.

A Eduardo Ruano Morales i Ramón Ruano, propietaris del taller Auto Eduardo y Ramón, per haver-me donat treball com a mecànic i formació durant més d'un any i mig, per cedir-me les seves instal·lacions y equipaments, i per la seva disponibilitat.

Als mecànics del taller Auto-Agrícola Galiano SL, Cisco Fumadó i Juan Manuel Galiano de los Aires, per la seva comprensió, amabilitat i generositat a l'hora de realitzar les mesures al banc de proves, i pels consells i recomanacions sobre la forma d'actuar i les modificacions a realitzar. El seu tracte cap a mi ha estat impagable.

A la professora Marta Musté pel seu temps, ajut i assessorament, inclús quan estava enfeïnada amb projectes dels seus alumnes, amb el programa SIEMENS NX8 per a poder realitzar l'anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal.

A tots els meus amics i coneguts que des dels 15 anys m'han donat la seva confiança i feina amb els seus ciclomotors i més tard amb els seus automòbils, per permetre'm agafar moltíssima experiència i destresa en aquest tipus de màquines.

I finalment, però no menys important, al Dr. Jaume Miquel Masalles, director d'aquest Treball Final de Grau, per la seva paciència, confiança, orientació i ajut en tots els processos de desenvolupament del projecte.

INDEX

MEMORIA

Pàg

1.- Introducció i Objectius del Projecte	1
1.1.- Antecedents dels ciclomotors	3
1.2.- Motivacions del Projecte	5
1.3.- Objectius del Projecte	7
2.- Condicionament del motor inicial i xassís	9
2.1.- Rieju SM SPIKE 2005	11
2.2.- Beta TRUEBA RRT 2006	11
2.3.- Desmuntatge dels dos motors	12
2.3.1.- Desmuntatge del motor de la Rieju	12
2.3.2.- Desmuntatge del motor de la Beta	14
2.4.- Muntatge del motor inicial.....	15
2.5.- Muntatge del motor inicial al xassís	15
2.6.- Pressupost de la restauració del motor inicial de serie	16
3.- Motor inicial	19
3.1.- Biela i cigonyal	21
3.2.- Cilindre i culata	22
3.3.- Pistó	23
3.4.- Rotor original i bobina	23
3.5.- Contrapès	24
3.6.- Admissió	25
3.6.1.- Filtre d'aire	25
3.6.2.- Carburador	26
3.6.3.- Tovera	27
3.6.4.- Caixa de làmines	27
3.7.- Sistema de refrigeració	28
3.8.- Sistema de lubricació	29
4.- Proves per a l'obtenció dels paràmetres de funcionament del motor	31
4.1.- Banc de proves	33
4.1.1.- Metodologia al banc de proves	34
4.1.2.- Resultats proporcionats pel banc	35
4.2.- Prova de consum	35
4.2.1.- Circuit	35
4.2.2.- Procediment en circuit	36
4.3.- Lectura d'emissions	37
4.3.1.- Màquina utilitzada	37
4.3.2.- Procediment ITV per a la mesura d'emissions.....	37

5.- Modificacions realitzades	39
5.1.- Grup 1: Poliments	41
5.1.1.- Carter	41
5.1.2.- Culata	42
5.1.3.- Biela	43
5.2.- Grup 2: Planificacions	44
5.2.1.- Cigonyal	45
5.2.2.- Culata	47
5.3.- Grup 3: Reduccions	48
5.3.1.- Rotor	48
5.3.2.- Pistó	52
5.3.3.- Contrapès	54
5.4.- Grup 4: Refrigeració	55
5.4.1.- Segon radiador	55
6.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal amb SIEMENS NX8.....	61
6.1.- Determinació de la força que actua sobre el boló del cigonyal	63
6.2.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit sense modificar amb un mallat bàsic	64
6.3.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit sense modificar amb un mallat més precís	67
6.4.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit planificat	70
7.- Resultats	73
7.1.- Motor de sèrie restaurat	75
7.1.1.- Banc de proves	75
7.1.2.- Consum	76
7.1.3.- Emissions	76
7.2.- Resultats de les modificacions del Grup 1	76
7.2.1.- Banc de proves	76
7.2.2.- Prova amb carburació més ajustada	78
7.2.3.- Consum	79
7.2.4.- Emissions	79
7.3.- Resultats de les modificacions del Grup 2	79
7.3.1.- Banc de proves	79
7.3.2.- Consum	80
7.3.3.- Emissions	81
7.4.- Resultats de les modificacions del Grup 3	81
7.4.1.- Banc de proves	81
7.4.2.- Consum	82
7.4.3.- Emissions	82
7.5.- Resultats de les modificacions del Grup 4	83
7.5.1.- Banc de proves	83
7.5.2.- Consum	84
7.5.3.- Emissions	84
7.6.- Comparació de gràfiques	84

8.- Aspectes mediambientals	89
8.1.- Procés de restauració del motor i realització de modificacions	92
8.1.1.- Restauració i muntatge del motor d'estudi	93
8.1.2.- Muntatge/desmuntatge del motor i modificacions realitzades	93
8.2.- Vida útil del ciclomotor	94
8.2.1.- Consum	94
8.2.2.- Contaminació acústica	95
8.2.3.- Emissió de gasos contaminants	95
8.2.3.1.- Monòxid de Carboni (CO)	96
8.2.3.2.- Òxids de nitrogen (NO _x)	96
8.2.3.3.- Ozó (O ₃)	97
8.2.3.4.- Hidrocarburs totals (HCT)	97
8.2.3.5.- Partícules en suspensió (PST)	98
8.2.3.6.- Diòxid de Sofre (SO ₂)	98
8.2.4.- Manteniment	99
8.3.- Reciclatge dels components del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil.....	100
8.4.- Conclusions mediambientals sobre aquest Treball Final de Grau	103
9.- Conclusions	105
9.1.- Conclusions tècniques	107
9.2.- Conclusions i valoracions personals	109
9.3.- Futures línies de treball	110
10.- Bibliografia	111
10.1.- Manuals docents, manuals i catàlegs tècnics	113
10.2.- Projectes Fi de Carrera i Treballs Final de Grau	113
10.3.- Pàgines Web (Webgrafia)	113

ANNEXOS

ANNEX A.1.- Normativa aplicada

ANNEX A.2.- Manuals i Catàlegs Tècnics

ANNEX A.3.- Manuals Docents

ANNEX A.4.- Software utilitzat

ANNEX A.5.- Pressupost

ANNEX A.6.- PLÀNOLS

ANNEX A.7.- RECULL FOTOGRÀFIC I VIDEOS DEL TFG

ÍNDIX DE PLÀNOLS

- PLÀNOL 1.- Biela 46 METRA KIT (alçat, perfil esquerre i planta superior + tall)
- PLÀNOL 2.- Cigonyal METRA KIT (alçat)
- PLÀNOL 3.- Cigonyal METRA KIT (planta inferior)
- PLÀNOL 4.- Cigonyal METRA KIT (perfil esquerre)
- PLÀNOL 5.- Cilindre MINARELLI 49 cc (alçat)
- PLÀNOL 6.- Cilindre MINARELLI 49 cc (planta superior)
- PLÀNOL 7.- Cilindre MINARELLI 49 cc (planta inferior)
- PLÀNOL 8.- Cilindre MINARELLI 49 cc (perfil esquerre)
- PLÀNOL 9.- Culata MINARELLI 49 cc (alçat)
- PLÀNOL 10.- Culata MINARELLI 49 cc (planta superior)
- PLÀNOL 11.- Culata MINARELLI 49 cc (planta inferior)
- PLÀNOL 12.- Culata MINARELLI 49 cc (perfil esquerre)
- PLÀNOL 13.- Culata MINARELLI 49 cc (alçat + tall)
- PLÀNOL 14.- Pistó AIRSAL 49 cc (alçat, planta inferior, perfil esquerre + tall)
- PLÀNOL 15.- Rotor DUCATI (alçat + tall)
- PLÀNOL 16.- Rotor DUCATI (planta superior)
- PLÀNOL 17.- Rotor DUCATI (perfil inferior)
- PLÀNOL 18.- Contrapès MINARELLI (alçat, planta superior, perfil esquerre)
- PLÀNOL 19.- Culata MINARELLI 49 cc polida (alçat + tall)
- PLÀNOL 20.- Biela 46 METRA KIT polida (alçat, perfil esquerre i planta superior + tall)
- PLÀNOL 21.- Cigonyal METRA KIT planificat (alçat)
- PLÀNOL 22.- Rotor DUCATI modificat (planta superior)
- PLÀNOL 23.- Pistó AIRSAL 49 cc modificat (alçat, planta inferior, perfil esquerre + tall)

PLÀNOL 24.- Segon radiador (alçat)

PLÀNOL 25.- Segon radiador (perfil esquerre)

ÍNDIX DE FIGURES

FIGURA	Pàg
Figura 1.1.- MOTOBÉCANE MOBYLETTE, any 1955. [9]	4
Figura 6.1.- Modelat del cigonyal Metra Kit sense modificar amb el programa SIEMENS NX8 ...	64
Figura 6.2.- Primer mallat senzill utilitzat (mallat tetraèdric), de 4 mm de mida d'element	65
Figura 6.3.- Aplicació de la força (F) i les restriccions sobre el cigonyal de la primera simulació .	65
Figura 6.4.- Desplaçament nodal resultant de la primera simulació del cigonyal	66
Figura 6.5.- Esforç elemental – Von Mises resultant de la primera simulació del cigonyal	67
Figura 6.6.- Mallat del cigonyal amb mida d'element d'1 mm per a una simulació més precisa	68
Figura 6.7.- Aplicació de la força (F) i de les restriccions al cigonyal amb el mallat més fi	68
Figura 6.8.- Desplaçament nodal resultant de la segona simulació amb un mallat més fi	69
Figura 6.9.- Esforç elemental – Von Mises resultant de la segona simulació del cigonyal amb el mallat més fi	69
Figura 6.10.- Modelat del cigonyal Metra Kit planificat 1,15 mm per la part exterior dels laterals	70
Figura 6.11.- Mallat i aplicació de la força (F) i restriccions sobre el modelat del cigonyal Planificat	71
Figura 6.12.- Desplaçament nodal obtingut de la simulació del cigonyal planificat	71
Figura 6.13.- Esforç elemental – Von Mises resultant de la simulació del cigonyal planificat	72

ÍNDIX DE TAULES

TAULA	Pàg
Taula 2.1. Pressupost restauració motor Minarelli AM6 de sèrie	16
Taula 8.1. Valors de referencia per a la declaració de la situació d'emergència pel CO expressat en g/m ³ [4].....	96
Taula 8.2. Valors de referencia per a la declaració de la situació d'emergència pel NO ₂ expressat en g/m ³ [4].....	97
Taula 8.3. Valors de referencia per a la declaració de la situació d'emergència per a l'O ₃ expressat en g/m ³ [4].....	97
Taula 8.4. Reciclatge d'instal·lació i dels components del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil [16] i [17].....	100
Taula 8.5. Taula d'empreses que podrien gestionar els residus del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil [18].....	102

ÍNDIX DE GRÀFIQUES

GRÀFICA	Pàg
Gràfica 7.1.- Resultats de la 1 ^a pujada al banc de proves amb el motor reconstruït de sèrie	75
Gràfica 7.2.- Resultats de la 2 ^a pujada al banc de proves un cop realitzat el 1 ^{er} grup de modificacions	76
Gràfica 7.3.- Resultats de la 3 ^a pujada al banc de proves amb la carburació més ajustada i el 1 ^{er} grup de modificacions	78
Gràfica 7.4.- Resultats 4 ^a pujada al banc de proves amb el cigonyal planificat 1,15 mm per costat	80
Gràfica 7.5.- Resultats de la 5 ^a pujada al banc de proves amb el 3 ^{er} grup de modificacions realitzat	81
Gràfica 7.6.- Resultats de la 6 ^a pujada al banc de proves amb tots els grups de modificacions realitzats.....	83
Gràfica 7.7.- Gràfica comparativa de les corbes de potència del motor de les 3 primeres pujades al banc de proves	85
Gràfica 7.8.- Gràfica comparativa de les corbes de potència del motor dels 4 grups de modificacions	86
Gràfica 7.9.- Gràfica comparativa entre les corbes de potència del motor de sèrie restaurat i el 2 ^{on} grup de modificacions	87
Gràfica 7.10.- Gràfica comparativa entre la corba de potència del motor de sèrie reconstruït i la corba de potència amb tots els 4 grups de modificacions realitzats	88
Gràfica 8.1.- Estimació del percentatge (% pes) dels residus generats un cop finalitzada la vida útil del ciclomotor	102

ÍNDIX DE FOTOGRAFIES

FOTOGRAFIA	Pàg
Fotografia 1.1.- Bicicleta a motor FN, any 1910. [7]	3
Fotografia 1.2.- Motocicleta amb pedals, any 1913. [8]	3
Fotografia 1.3.- VÉLOSOLÉX ORBEA, any 1955. [10]	4
Fotografia 1.4.- APRILIA RS 50 REPLICA, any 2001	4
Fotografia 1.5.- BETA ARK LC, any 2000	4
Fotografia 1.6.- BETA TRUEBA RRT 50, any 2001	5
Fotografia 1.7.- YAMAHA AEROX R LC Rèplica, any 2005.....	5
Fotografia 1.8.- La meua RIEJU SM SPIKE 50, any 2005	6
Fotografia 1.9.- Primera moto reconstruïda per mi al 2006 (RIEJU DRAC 50 any 1991)	6
Fotografia 1.10.- L'autor del TFG, amb 17 anys, obrint les lluminàries d'un Top Rosa 74 cc	6
Fotografia 1.11.- L'autor del TFG, amb 24 anys, desmuntant una culata (a casa) d'un Peugeot 406 Coupé 2.0 gasolina de l'any 1998.....	6
Fotografia 2.1.- Estat inicial de la meua Rieju SM SPIKE 50, novembre de 2015	11
Fotografia 2.2.- Motor inicial de la meua Rieju SM SPIKE 50, novembre de 2015	11
Fotografia 2.3.- Beta RRT any 2006 abandonada	12
Fotografia 2.4.- Beta RRT any 2006 abandonada (2)	12
Fotografia 2.5.- AM6 de la Rieju sense sistema d'admissió	12
Fotografia 2.6.- AM6 de la Rieju sense embragatge ni cilindre	12
Fotografia 2.7.- AM6 de la Rieju sense rotor ni estator	13
Fotografia 2.8.- AM6 de la Rieju a punt d'obrir	13
Fotografia 2.9.- AM6 de la Rieju obert	13
Fotografia 2.10.- Xassís de la Rieju sense motor	13
Fotografia 2.11.- AM6 de la Beta sense la tapa de l'embragatge	14
Fotografia 2.12.- Aigua extreta de la caixa de canvis	14
Fotografia 2.13.- Meitats del carter del AM6 de la Beta netes	14
Fotografia 2.14.- Motor AM6 tancat i mig restaurat	15
Fotografia 2.15.- Motor AM6 amb el cilindre muntat	15
Fotografia 2.16.- La Rieju quasi preparada per al estudi	16
Fotografia 3.1.- Conjunt biela-cigonyal 46 Metra Kit	21
Fotografia 3.2.- Conjunt biela-cigonyal Minarelli original de sèrie	21
Fotografia 3.3.- Exterior cilindre Minarelli 49 cc original de sèrie utilitzat (tractat amb sulfamat al 20%)	22
Fotografia 3.4.- Interior cilindre Minarelli 49 cc original de sèrie utilitzat (tractat amb sulfamat al 20%)	22
Fotografia 3.5.- Culata Minarelli original de sèrie	23
Fotografia 3.6.- Pistó Airsal 49 cc de dos segments utilitzat (de 40,3x39 mm)	23
Fotografia 3.7.- Bobina Top Performance sense límit de revolucions utilitzada	24
Fotografia 3.8.- Estator Ducati utilitzat, el que es munta de sèrie	24
Fotografia 3.9.- Rotor Ducati utilitzat, el que munta Minarelli als motors AM6 de sèrie originals	24
Fotografia 3.10.- Localització del contrapès al motor Minarelli AM6	25
Fotografia 3.11.- Contrapès original de sèrie del motor Minarelli AM6	25
Fotografia 3.12.- Filtre d'aire original Rieju SM SPIKE 50 any 2005 [11]	26
Fotografia 3.13.- Filtre d'aire Polini utilitzat al projecte	26
Fotografia 3.14.- Carburador Mikuni de 19 mm utilitzat durant el projecte	26
Fotografia 3.15.- Tovera original de sèrie motor Minarelli AM6	27

Fotografia 3.16.- Caixa de làmines muntada (original Minarelli de sèrie) amb làmines de carboni biaxial	27
Fotografia 3.17.- Làmina de fibra de vidre de sèrie (esquerra) i làmina de carboni biaxial (dreta) .	27
Fotografia 3.18.- Radiador original de sèrie que equipa la Rieju SM SPIKE 50 del 2005	28
Fotografia 3.19.- Bomba d'aigua original de sèrie Minarelli AM6	29
Fotografia 3.20.- Engranatge plàstic reductor de la bomba d'aigua del motor Minarelli AM6	29
Fotografia 3.21.- D'esquerra a dreta: Culata amb el termòstat muntat, tal i com ve de sèrie; termòstat desmuntat; i culata sense el termòstat, tal i com estarà durant tot l'estudi	29
Fotografia 3.22.- Bomba d'oli Mikuni anul·lada	30
Fotografia 3.23.- Allotjament dels engranatges que mourien la bomba d'oli en cas de no estar anul·lada	30
Fotografia 4.1.- El banc de proves MotoLab de Galiano amb la Rieju	33
Fotografia 4.2.- Aparells de mesura	34
Fotografia 4.3.- Sonòmetre digital SL-814	34
Fotografia 4.4.- Detector tèrmic per infrarojos de la marca POWERFIX	34
Fotografia 4.5.- Circuit urbà, tram d'anada (2,47 km)	35
Fotografia 4.6.- Circuit urbà, tram de tornada (2,03 km)	36
Fotografia 4.7.- Analitzador de gasos per infrarojos, model ecològic, de la marca MIAC utilitzat per a la realització de les proves d'emissions del motor	37
Fotografia 4.8.- Mesura d'emissions de la Rieju a Auto Eduardo y Ramón (Peníscola)	38
Fotografia 5.1.- Carter motor Minarelli AM6 amb l'acabat superficial de sèrie (una mica rugós) .	41
Fotografia 5.2.- Carter amb la cambra del cigonyal i l'admissió polides	42
Fotografia 5.3.- Cambra de combustió de la culata amb carbonissa (esquerra) i l'acabat superficial de sèrie (dreta)	42
Fotografia 5.4.- Càmera de combustió de la culata polida	43
Fotografia 5.5.- Biela 46 Metra Kit utilitzada al motor estudi sense modificar	43
Fotografia 5.6.- Biela 46 Metra Kit amb els cantons acabats amb punta i polits	44
Fotografia 5.7.- Cigonyal Metra Kit amb els forats tapats amb tefló i rebaixat 1,15 mm/costat (esquerra) i cigonyal Metra Kit sense modificar (dreta). Part eix embragatge.....	46
Fotografia 5.8.- Cigonyal Metra Kit amb els forats tapats amb tefló i rebaixat 1,15 mm/costat (esquerra) i cigonyal Metra Kit sense modificar (dreta). Part eix rotor.....	46
Fotografia 5.9.- Imatge on s'aprecia com ha crescut la folgança entre el cigonyal i el càrter	46
Fotografia 5.10.- Culata "mal" planificada (esquerra) i culata sense planificar (dreta).....	47
Fotografia 5.11.- Cambra de combustió rebaixada (esquerra) i cambra de combustió sense rebaixar (dreta).....	47
Fotografia 5.12.- Forat complert a la placa interior reblada	49
Fotografia 5.13.- Marcatge i acabat de la perforació de la corona exterior del rotor	49
Fotografia 5.14.- Rotor amb les 8 perforacions de 10 mm a la corona exterior	50
Fotografia 5.15.- Corona central del rotor amb 8 forats de 8 mm de diàmetre	50
Fotografia 5.16.- Marques de la unió de forats a mecanitzar al rotor	51
Fotografia 5.17.- Eines utilitzades al procés de mecanitzat del rotor	51
Fotografia 5.18.- Rotor alleugerit 51 g, un 6,84% menys pesat que sense modificar	51
Fotografia 5.19.- Tres pistons amb predomini de gripatges a la zona frontal (escapament) i del darrere (admissió)	52
Fotografia 5.20.- Pistó Airlal marcat per a ser perforat	52
Fotografia 5.21.- Procés de perforació del pistó Airlal	53
Fotografia 5.22.- Pistó Airlal amb els 4 forats de lubricació	53
Fotografia 5.23.- Contrapès amb els laterals marcats per a rebaixar	54
Fotografia 5.24.- Eines utilitzades per a la modificació del contrapès	54
Fotografia 5.25.- Contrapès sense modificar	54

Fotografia 5.26.- Contrapès rebaixat 18 g (un 8,9% menys pesat)	54
Fotografia 5.27.- Segon radiador a instal·lar	55
Fotografia 5.28.- Aletes doblegades del segon radiador	56
Fotografia 5.29.- Aletes adreçades del segon radiador	56
Fotografia 5.30.- Localització al ciclomotor on s'allotjarà el segon radiador	56
Fotografia 5.31.- Ubicació del segon radiador i rebava a mecanitzar marcada en blanc	57
Fotografia 5.32.- Segon radiador muntat al xassís de la Rieju	57
Fotografia 5.33.- Entroncaments amb forma de "T" de la marca MetalCaucho utilitzats al circuit de refrigeració	57
Fotografia 5.34.- Entroncament per unir l'entrada superior dels dos radiadors i l'entrada a la culata	58
Fotografia 5.35.- Entroncament per a unir les sortides dels dos radiadors a l'entrada de la bomba d'aigua	58
Fotografia 5.36.- Rieju al banc de proves amb el segon radiador instal·lat	59
Fotografia 7.1.- Tovera del filtre d'aire inicial trencada	77
Fotografia 7.2.- Tovera del filtre d'aire corba (esquerra) i tovera del filtre d'aire inicial trencada (dreta)	77
Fotografia 7.3.- Filtre inicial modificat amb l'esponja de 10 mm i la tovera recta i curta	78
Fotografia 7.4.- Xiclet d'altres utilitzat en la carburació més precisa (92)	78
Fotografia 8.1.- Zona de reciclatge temporal habilitada al pati de casa meua	92

1.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS DEL PROJECTE

1.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS DEL PROJECTE

1.1.- Antecedents dels ciclomotors

Les motocicletes de 49cc són un dels vehicles força utilitzats en l'actualitat degut al poc espai i pes que suposa aquest petit motor, i perquè són els vehicles a motor que es poden conduir més aviat, ja que es pot obtenir el carnet a partir dels 15 anys (14 anys quan jo era més jove).

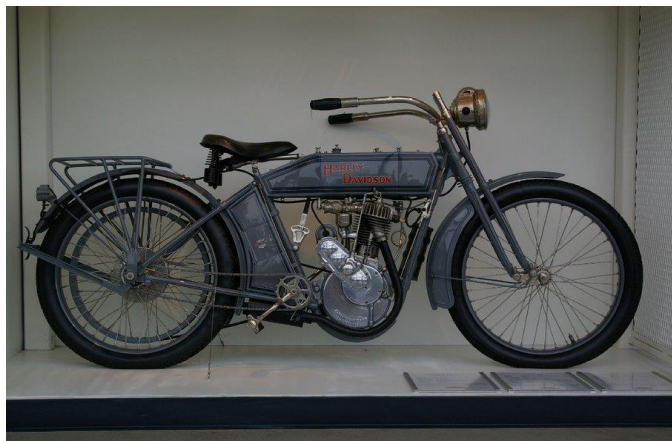
L'inici dels ciclomotors es remunta abans dels anys deu del segle passat i, es inclús més vell que l'inici de les motocicletes. Aquest es diferenciava essencialment per dur pedals i tenir menys cilindrada que les motos.

Fins l'esclat de la primera guerra mundial, la bicicleta de motor (el que avui en dia diríem ciclomotor) prossegueix tranquil·la el seu camí, amb els seus pedals i corretja, juntament amb la seva germana gran més musculosa, la moto, que ja va per sí sola. En aquell temps, les bicicletes a motor disposaven d'un quadre que seguia sent molt similar al de les bicicletes corrents, y la seva cilindrada era sensiblement inferior a la de les motocicletes. No obstant, també es podien trobar grans motos aprovisionades de pedals i, per una altra part, màquines de cilindrada molt inferior en les que ja havien desaparegut. Tot depenia de la confiança que el constructor i la seva clientela hi havia depositat en el motor.

FN 1910



Fotografia 1.1. Bicicleta a motor FN, any 1910. [7]



Fotografia 1.2. Motocicleta amb pedals, any 1913. [8]

Inclús al 1914 hagués sigut pràcticament impossible limitar la cilindrada de la bicicleta a motor de 50 cc ja que, llavors, cap motor de 4 temps hagués tingut potència suficient per a poder moure un vehicle de dos rodes. En quant als motors de 2 temps, era com una fantasia que agitava els somnis dels tècnics considerats una mica boixos... A no tardar, haurien de prendre la revenja.

La Gran Guerra, amb les seves exigències, obligà a introduir avanços notables en motos, motors, acers y qualitats del cautxú. Els homes també van fer progressos, i molts soldats que mai havien tingut la oportunitat de viatjar amb tren o que no havien vist mai una moto o cotxe, tornaren als seus pobles convençuts dels beneficis que aporta la mecanització i la motorització. Tots ells eren clients amb potència.

Després de la difícil recuperació de la indústria, es va assistir de repent, a partir de 1921, a la eclosió d'una multitud de marques de motos i bicicletes a motor, aquestes últimes amb una vocació deliberadament utilitària. Es va veure, així mateix, l'aparició del motor de 2 temps, la realització del qual havia sigut possible gràcies als progressos realitzats en la fabricació d'acers, en l'alumini i amb els mètodes de tractament.

La “bomba va esclatar” al Saló de 1945: SOLEX exposava «la bicicleta que marxa sola», i MOTOBÉCANE la replicava amb la seva «bicicleta motoritzada». Amb un èxit sense precedents, les VÉLOSOLEX i les MOBYLETTE començaren a envair França, fins al punt, que la segona de dites marques es va convertir, en llenguatge corrent, en sinònim de ciclomotor. A pesar de l'evidència, els fabricants de motos que havien aconseguit sobreviure fins llavors, continuaren construint velomotors pesats que, en realitat, portaven més de deu anys de retràs.

Rudimentàries, fortes i pràctiques, arrancant amb qualsevol temps, les SOLEX i les MOBYLETTE es venien molt bé. Els poders públics no eren aliens a aquest èxit que, en aquells temps, les havien reconegut com a ciclomotors, i podien circular sense assegurança i sense carnet. No molt més ràpid i bastant més fràgil, el velomotor, que si precisava carnet de conduir, va anar perdent terreny de forma progressiva i, com a últim supervivent de la indústria motociclista, va ser rematat entorn l'any 1955 pels durs colps que li van atestar al mateix temps el ciclomotor i el scooter.



Figura 1.1. MOTOBÉCANE MOBYLETTE, any 1955. [8]



Fotografia 1.3. VÉLOSOLEX ORBEA, any 1955. [9]

Al 1954, Peugeot, que havia resistit fins llavors, abandonà la fabricació de motos per a llançar-se a la de ciclomotors amb el seu BIMA. Li varen sortir al pas, amb diversa fortuna, altres marques franceses com PALOMA, GITANE, GELEM, FLANDRIA i altres. Convertit en un vehicle indispensable per a joves com a substitut de la bicicleta, el ciclomotor va iniciar una ascensió vertiginosa, al mateix temps que s'anaven introduint en ell, incessantment, diversos perfeccionaments: canvi de marxes automàtic, comoditat, frens, etc. Europa i, seguidament, el món sencer reconegueren a la fi la importància que mereixia. Al 1976, el primer productor mundial de ciclomotors de 50 cc era Japó, amb quasi un milió i mig d'unitats, seguit de França amb quasi un milió i Itàlia, amb 770.000. [1]



Fotografia 1.4. APRILIA RS 50 REPLICA, any 2001.



Fotografia 1.5. BETA ARK LC, any 2000.

La gama de models que s'ofereix al públic avui en dia es tan amplia que resulta pràcticament impossible nombrar-los tots, no obstant cal destacar la importància de marques actuals com Yamaha, Beta, Derbi, APRILIA, RIEJU o SYM.



Fotografia 1.6. BETA TRUEBA RRT 50, any 2001.



Fotografia 1.7. YAMAHA AEROX R LC Rèplica, any 2005.

Tot i que la reglamentació vigent assenyala menys de 50 cc, pedals capaços de fer funcionar el vehicle i una velocitat màxima de 45 km/h, quasi cap ciclomotor actual esta proveït de pedals i són capaços d'arribar a una velocitat de 80 i inclús 90 km/h de sèrie. També s'han aconseguit resultats espectaculars, ja que els motors millors concebutos poden desenvolupar fins a 11'5 CV, el que correspon al fenomenal rendiment de 230 CV per litre de cilindrada !!!

Però no tot en el futur del ciclomotor és de color de rosa, doncs corre el perill de ser víctima del seu propi èxit. Cada cop la legislació ataca més al ciclomotor ja que ara per ara es necessari tenir l'edat mínima de 15 anys, obtenir el permís de circulació AM (amb curs teòric i pràctic en autoescola i exàmens), matricular el ciclomotor, assegurar-lo i passar l'ITV. I a sobre, sembla que el ciclomotor es causa de desesperació per a les companyies asseguradores, ja que els accidents que ocasionen tenen un pes excessiu en la bàscula dels vehicles de dues rodes.

1.2.- Motivacions del Projecte

Considerat mecànic des dels 14 anys, he aprofitat l'oportunitat que suposa el poder fer una proposta de Treball Final de Grau per tractar un tema relacionat amb la meua afició: la mecànica dels motors.

La meua passió pel món de la mecànica comença de ben petit, quan passava hores muntant aparells amb LEGO o desmuntant per intentar "millorar" el rendiment de joguines com pistoles de balins i similars. No obstant, va ser a partir del 15 d'Abril del 2005 quan, amb la compra de la meua primera moto, una RIEJU SM SPIKE 50, es va disparar el meu interès per aquest món. Gràcies a la compra d'aquest ciclomotor i a que el meu pare sempre ha disposat d'eines, em vaig introduir a la mecànica d'aquestes màquines. Als 15 anys vaig muntar des de zero la primera moto (RIEJU DRAC any 1991), incloent motor i sistema elèctric. I a partir d'aquest moment vaig basar la meua vida en reparar, trucar i restaurar ciclomotors, fins al punt de passar nits sense dormir treballant al garatge de casa meua per dur a terme operacions que els mecànics de la zona afirmaven impossibles.

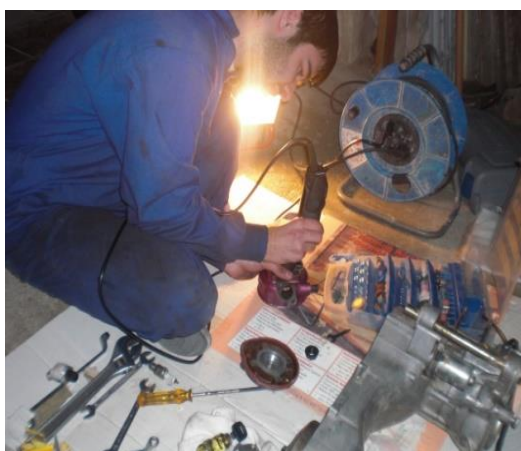


Fotografia 1.8. La meua RIEJU SM SPIKE 50, any 2005.



Fotografia 1.9. Primera moto reconstruïda per mi al 2006 (RIEJU DRAC 50 any 1991).

Als 16 anys havia tocat pràcticament tots els ciclomotors de Peníscola i Benicarló, i ja havia rebut ofertes de treball de la meitat dels tallers de motos de la zona, i inclús d'un taller dedicat a l'automoció. El fet de marxar a Vilanova i la Geltrú per estudiar a l'EPSEVG va frenar prou la meua activitat. Però a l'Agost del 2014 vaig començar a treballar en un taller de cotxes (Auto Eduardo y Ramón, c/ de Garbí, 16, 12598, Peníscola, Castelló) fins el Febrer de 2016, on he millorat notablement i augmentat els meus coneixements sobre la mecànica i els mètodes de treball.



Fotografia 1.10. L'autor del TFG, amb 17 anys, obrint les lluminàries d'un Top Rosa 74



Fotografia 1.11. L'autor del TFG, amb 24 anys, desmuntant una culata (a casa) d'un Peugeot 406 Coupé 2.0 gasolina de l'any 1998.

Durant tots aquests anys he estat realitzant modificacions als motors dels ciclomotors per tal d'aconseguir millorar la seva potència, de forma exitosa segons els clients. Moltes de les modificacions que es duren a terme en aquest treball són les que he estat fent sempre, i d'altres són les que no he pogut realitzar. Així, aquest treball suposa també una oportunitat per saber si realment he estat millorant el rendiment amb les operacions que tant he realitzat, i si val la pena el temps dedicat en dur-les a terme respecte a la millora que aporten.

1.3.- Objectius del Projecte

L'objectiu general d'aquest Treball Final de Grau (TFG) és la realització de modificacions, tant internes com externes, en un motor de gasolina de 2 temps mono cilíndric de 49cc i 6 velocitats per intentar millorar les seves prestacions. Es tracta del conegut motor AM6 comercialitzat per la firma Minarelli.

Donat que no es disposava d'un motor de sèrie original operatiu, es parteix d'un parell de motors parats i en desús des de fa més de 4 anys i als quals s'ha fet el procés previ de desmuntatge i reparació fins a fer-ne un d'operatiu. Aquest motor (que anomenarem motor de partida) s'ha muntat a sobre del xassís d'un ciclomotor Rieju SM SPIKE de l'any 2005, matriculat i apte per a circular per la via pública, tot i que sense assegurança i amb el permís de circulació sense pagar des de l'any 2009.

Al motor de partida se li aplicarà un conjunt de modificacions, dividides en 4 grups, per intentar millorar les prestacions de funcionament. A partir de les lectures dels paràmetres operatius en un banc de proves (com el parell motor en funció de les revolucions, la potència en funció de les revolucions, el nivell sonor i la temperatura), la prova de consum de combustible feta fent circular la motocicleta en un circuit urbà preestablert i la prova d'emissions feta segons el procediment de contaminació de la ITV, es valorarà la conveniència de les modificacions realitzades.

Per tal d'aconseguir l'objectiu general d'estudiar les possibles millores de les prestacions del motor s'hauran d'assolir una sèrie d'objectius particulars:

- a) La restauració d'un motor Minarelli AM6 a partir de uns altres dos motors del mateix tipus en desús i en condicions desfavorables (motor inundat, components desgastats i rovellats...).
- b) L'elaboració de diferents grups de modificacions als components del motor per alterar el seu comportament:
 - 1^{er} Grup: Poliment del càrter, de la càmera de combustió de la culata, i esmolat i polit de la biela.
 - 2^{on} Grup: Planificació del cigonyal i de la culata.
 - 3^{er} Grup: Alleugeriment del rotor, del contrapès i realització de forats no travessants al pistó.
 - 4^{rt} Grup: Instal·lació d'un segon radiador.
- c) La utilització del màxim nombre possible d'elements i components de segona mà restaurats per abaratir costos de tot l'estudi.
- d) La realització de la mesura (seguint una metodologia) dels paràmetres de funcionament: potència en funció de les revolucions, parell motor en funció de les revolucions i velocitat màxima del motor en cadascun dels seus estats de modificació sobre un banc de proves inercial. D'aquesta manera s'obtenen les gràfiques de les corbes de parell i potència.
- e) La realització de les mesures de les emissions de CO i ppm HC, i nivell sonor (dB) del motor en els diferents estats de la modificació.
- f) L'elaboració de diferents plànols dels principals components del motor a modificar, abans i després de les modificacions.

- g) La realització, mitjançant el programa de simulació SIEMENS NX8, d'un anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal utilitzat abans de ser modificat i després, per comprovar la seva fiabilitat.
- h) L'elaboració dels pressupostos de les diferents parts del projecte per a determinar el cost total aproximat.

2.- CONDICIONAMENT DEL MOTOR INICIAL I XASSÍS

2.- CONDICIONAMENT DEL MOTOR INICIAL I XASSÍS

2.1.- Rieju SM SPIKE 2005

Per dur a terme l'estudi d'aquest projecte era necessari disposar d'una unitat de motor Minarelli AM6 original de sèrie amb l'admissió, escapament, sistema elèctric i sistema de refrigeració també de sèrie o el més semblant possible, ja que la idea és millorar les prestacions del motor sense que això suposi un impediment per a utilitzar-lo en circulació per la via pública amb la legislació vigent.

L'autor del TFG disposava d'un ciclomotor supermotard, model SM SPIKE de la marca RIEJU, però al qual ja tenia fetes moltes modificacions: carter polit, biela i cigonyal reforçats, cilindre de 74 cc amb culata i culatí, admissió polida, discs d'embragatge anti-patinatge, bobina sense límit de revolucions, escapament directe i de 70cc, carburador amb boca 3 mm més gran que el de sèrie, filtre d'aire canviat, pneumàtics amb tacs per a anar pel camp,...

Aquest no era l'únic problema, el ciclomotor es va donar de baixa l'any 2010, es a dir, no disposa ni de permís de circulació ni d'assegurança, amb lo que qualsevol prova de conducció no es pot dur a terme legalment per la via pública.

No obstant, es el xassís elegit per a dur a terme el projecte ja que dispo de la seva fitxa tècnica, i de recanvis (cilindre de sèrie, escapament de sèrie,...).



Fotografia 2.1. Estat inicial de la meva Rieju SM SPIKE 50, novembre de 2015.



Fotografia 2.2. Motor inicial de la meva Rieju SM SPIKE 50, novembre de 2015.

2.2.- Beta TRUEBA RRT 2006

S'havia d'aconseguir llavors, un altre motor o al menys les parts originals del motor de la Rieju que estaven modificades. Per sort disposava d'un altre ciclomotor de 49 cc, una RRT de l'any 2006 de la marca Beta amb motor AM6, el qual només tenia canviat l'escapament i el cilindre però estava abandonat. Aquest segon motor no estava només en desús des de feia 4 anys, si no que a més estava engarrotat i portava al aire lliure tot aquest temps.

Tot i això, només feia falta desmuntar-lo i, si l'interior no estava malmès, podria fer servir les peces que al motor de la Rieju estaven modificades.



Fotografia 2.3. Beta RRT any 2006 abandonada.



Fotografia 2.4. Beta RRT any 2006 abandonada (2).

2.3.- Desmuntatge dels dos motors

Un cop teníem dos motors iguals però amb diferents components a canviar en cadascun, es va procedir al desmuntatge, en primer lloc el AM6 de la Rieju i seguit del de la Beta.

2.3.1.- Desmuntatge del motor de la Rieju

Es van desmuntar primer tots els plàstics, el seient, es va retirar el depòsit de gasolina, l'escapament i la cadena. Seguidament es va buidar l'aigua refrigerant/anticongelant del circuit refrigerant, i desconnectar els tubs del sistema refrigerant de la bomba d'aigua i de la culata, i es va buidar la valvulina de la caixa de canvis, recollint cada fluid en un recipient separat per poder ser entregats més tard a un punt verd per assegurar el seu reciclatge. Es va seguir amb el desmuntatge del filtre d'aire, del carburador, de la tubera i la caixa de làmines, seguit de l'embragatge, el conjunt rotor-estator i la culata, cilindre i pistó.



Fotografia 2.5. AM6 de la Rieju sense sistema d'admissió.



Fotografia 2.6. AM6 de la Rieju sense embragatge ni cilindre.

Per a seguir amb el desmantellament del motor d'una forma correcta, es van desmuntar la palanca de canvis, el pinyó i es van soltar els tres cargols que mantenen el motor unit al xassís i procedir així a treballar sobre el banc.



Fotografia 2.7. AM6 de la Rieju sense rotor ni estator.



Fotografia 2.8. AM6 de la Rieju a punt d'obrir.

Un cop aquí, es van separar els dos càrters per accedir a desmuntar la caixa de canvis, el selector de marxes i la biela i cigonyal. En aquest punt ja teníem el motor completament obert i podíem retirar les parts que no faríem servir per estar ja modificades: els carters. També teníem llest el xassís de la Rieju per al seu nou motor.



Fotografia 2.9. AM6 de la Rieju obert.



Fotografia 2.10. Xassís de la Rieju sense motor.

Al tenir el motor obert em vaig adonar que un coixinet de la caixa de canvis i els dos del cigonyal estaven picats, i es van tenir que desmuntar fent servir una pistola de calor per a demanar i canviar per uns nous.

El temps de desmuntatge del motor inicial de la Rieju va ser aproximadament de 2 hores degut a que ja havia realitzat aquesta pràctica molts altres cops. No obstant, es una feina que pot dur perfectament 4 hores.

2.3.2.- Desmuntatge del motor de la Beta

De la mateixa forma que es va procedir al desmuntatge del motor AM6 de la Rieju, es va actuar sobre el motor AM6 de la Beta. Però no tot va ser igual, doncs meva va ser la sorpresa al descargolar el cargol pel buidatge de la caixa de canvis que el motor era ple d'aigua !!! Semblava com si hagués entrat aigua de la pluja durant molts anys i s'hagués barrejat de forma homogènia amb la valvulina. Vaig arribar a treure més d'un litre d'aigua de dins del motor. Això implicava un nou contratemps: tots els coixinets i retens s'haurien de canviar i perillava la integritat de la resta de components del motor.

Degut als materials del que estan fets els components del motor, no va haver cap peça excessivament malmesa per l'aigua tret dels coixinets i retens com ja es sabia. La única peça que vaig haver de tractar contra el rovell va ser el cilindre, el qual vaig posar 15 min. en un bany en sulfurant per eliminar el rovell. Un cop passat aquest temps vaig retirar el cilindre del àcid, el vaig aclarir, lubricar i com nou. Un cop obert del tot el motor i desmuntats la caixa de canvis, biela i cigonyal, selector de marxes i contrapès, es van corroborar que els coixinets estaven engarrotats i hi havia que canviar-los, al igual que els retens.



Fotografia 2.11. AM6 de la Beta sense la tapa de l'embragatge.



Fotografia 2.12. Aigua extreta de la caixa de canvis.

Arribats a aquest punt, es van desmuntar tots els coixinets amb l'ajut d'una pistola de calor cedida pel taller on treballava (Auto Eduardo y Ramón), es van netejar a fons les dues meitats del carter i es van demanar els coixinets i retens nous.



Per al desmuntatge del motor AM6 de la beta em vaig demorar més o menys el mateix temps que per al de la Rieju, unes 2 hores.

Fotografia 2.13. Meitats del carter del AM6 de la Beta netes.

2.4.- Muntatge del motor inicial

Amb els dos motors desmuntats ja disposava de totes les peces necessàries per a obtenir un motor de sèrie restaurat. No obstant, vaig tardar entre 2 i 3 setmanes a aconseguir tots els retens i coixinets del motor, ja que havien de tenir una mida i característiques concretes.

Un cop vaig disposar per fi dels recanvis nous, vaig procedir a l'armament del motor de forma inversa a com s'avia desmuntat. Primer vaig col·locar tots els coixinets al seu lloc amb l'ajut de claus de got amb el mateix diàmetre que l'anell exterior dels coixinets i un martell de nylon, ja que els coixinets van ajustats al seu orifici i no es poden colpejar mai per l'anell interior (es picarien i ja no valdrien). Amb els rodaments al lloc, vaig situar el conjunt biela-cigonyal, el contrapès, i vaig col·locar amb compte l'eix primari i secundari (amb totes les velocitats), el tambor de selecció de marxes amb l'eix del pedal de canvi i els selectors de marxes. Es va aplicar pasta de juntes resistent a altes temperatures per tots els punts d'unió d'una de les meitats del carter, es tancà el motor amb l'altre carter i s'aproximaren els cargols d'unió d'ambdues parts del motor. Al cap de 10 min. d'espera per deixar que la pasta de juntes seques, es van estrènyer tots els cargols a uns 30 Nm. I es van muntar els retens.



Fotografia 2.14. Motor AM6 tancat i mig restaurat.



Fotografia 2.15. Motor AM6 amb el cilindre muntat.

Després de poc més d'una hora més de feina ja teníem el motor quasi llest o almenys, la part més complexa.

2.5.- Muntatge del motor inicial al xassís

Amb el motor tancat i a punt per ser col·locat al xassís ja podia seguir, procedint també de forma inversa al desmuntatge dels altres dos ciclomotors.

Vaig situar el motor al xassís i el vaig fixar amb els tres cargols destinats per a tal funció. Amb el motor al ciclomotor ja podia muntar l'embragatge i tapar-lo, el conjunt estator-rotor i la seva tapa de plàstic, i connectar els tubs del sistema de refrigeració. Vaig col·locar el carburador, el filtre d'aire, el depòsit de gasolina, la cadena, i vaig connectar tots els tubs d'alimentació de combustible. Per últim es va muntar l'escapament, la bugia, es va omplir el motor amb la quantitat de valvulina corresponent, es va omplir el sistema de refrigeració d'aigua refrigerant/anticongelant, es va posar una mica de gasolina al depòsit i es va muntar el seient. Aquesta feina també va suposar aproximadament una hora.



Fotografia 2.16. La Rieju quasi preparada per al estudi.

El motor estava llest per engegar-se i ser rodat, i així es va fer. Va arrencar amb facilitat i es va rodar una mica per veure que tot era correcte i no tenia cap pèrdua. Vaig greixar i tensar la cadena, canviar els pneumàtics de tacs de les rodes per uns llisos o de carretera, i vaig carburar el motor.

Després d'aproximadament 9 hores de feina, el motor ja estava llest per a començar l'estudi, per ser pujat al banc de proves i rodar pel circuit urbà, per tal d'obtenir les primeres lectures dels paràmetres de funcionament del motor.

2.6.- Pressupost de la restauració del motor inicial de sèrie

Encara que disposava de pràcticament tot el necessari per aconseguir un motor AM6 de sèrie restaurat al tenir dos motors iguals i complementaris, el fet que un d'ells, el de la Beta, estigués ple d'aigua va causar un augment en les despeses. Els rodaments i retens van suposar el cost més alt de la restauració del motor però també cal tenir en compte altres materials utilitzats com la pasta de juntes, el dissolvent per a netejar els càrters del motor, el refrigerant/anticongelant, l'oli de motor i la grassa per a cadenes.

Producte	Unitats	Preu/unitat
Rodaments SKF-6203 2Z	2	9,71 €
Rodaments SKF-6303 2Z	2	13,02 €
Rodament SKF-6202 2Z	1	9,42 €
Rodament SKF-6204 2Z	1	10,50 €
Caixa d'agulles HK1412 IN	2	8,20 €
Kit 8 retens MOTOFORCE	1	9,00 €
Pasta per a juntes WÜRTH 250°	1	9,83 €
Dissolvent neteja frens AD	2	3,72 €
5 L. Refrig./Anticong. AD (-40 C°/145 C°)	1	8,68 €
1 L. Valvulina SAE 80W/90 AGIP	1	4,96 €
Grassa per a cadenes AD	1	7,02 €
1 L. Salfumant Bosque Verde	1	0,66 €
Mà d'obra	9 (hores)	15 €/hora
	Base	264,37 €
	IVA (21%)	55,52 €
	Total	319,89 €

Taula 2.1. Pressupost restauració motor Minarelli AM6 de sèrie.

El pressupost total del material utilitzat per a la restauració del motor AM6 ha estat de 156,54 €. A aquest preu seria convenient afegir el cost que tindria la mà d'obra per a dur a terme aquesta feina. Restaurar el motor i posar-lo a punt per al projecte va suposar un temps aproximat d'unes 9 hores i, ja que no va ser un taller qui va realitzar el treball, podem estipular un preu d'uns 15€/h per a taxar els costos de mà d'obra (aquest es el preu al que cobro la mà d'obra quan faig feines a casa, ja sigui amb cotxes o amb motos).

Així doncs, el preu de la mà d'obra per a restaurar el motor seria d'uns 135€ més l'IVA, amb el que podem determinar **el cost total de la restauració del motor Minarelli AM6 de sèrie en uns 319,89 €.**

3.- MOTOR INICIAL

3.- MOTOR INICIAL

3.1.- Biela i cigonyal

Tractarem la biela i el cigonyal com un conjunt, ja que no dispo de eines per un correcte i segur desmuntatge del conjunt (premsa hidràulica). Es a dir, el conjunt biela-cigonyal inclou la biela, la caixa d'agulles del cap de la biela, el boló del cigonyal i les dues parts del cigonyal.

El conjunt biela-cigonyal que he fet servir per a la restauració del motor inicial es de la marca Metra Kit i està reforçat. He fet el muntatge d'aquests components per que era dels que disposava, doncs no m'ha segut possible localitzar un conjunt biela-cigonyal originals de sèrie en condicions.



Fotografia 3.1. Conjunt biela-cigonyal 46 Metra Kit.

Les diferències respecte al conjunt original son que la biela 46 Metra Kit utilitzada és més gruixuda que la original de sèrie (4.7x19 mm respecte als 4.5x17 mm de la de sèrie) i amb un par d'orificis de lubricació al peu, un més que a la de sèrie. I que el cigonyal Metra Kit també és reforçat, es completament circular de forma, amb dos forats travessants a les dues meitats i presenta un millor acabat superficial. El conjunt biela-cigonyal muntat té un pes de 1.320 g, 31 g més que el conjunt original de sèrie (ANNEX A.6, plànols 1, 2, 3 i 4).



Fotografia 3.2. Conjunt biela-cigonyal Minarelli original de sèrie.

3.2.- Cilindre i culata

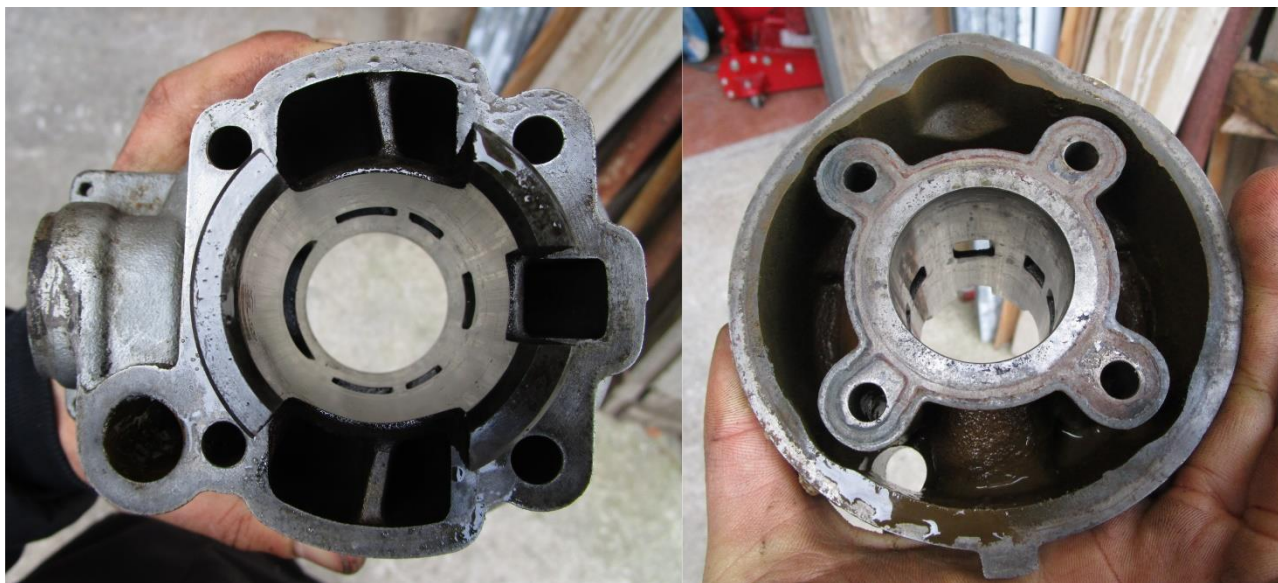
El cilindre i la culata que farem servir en el motor d'estudi també son els mateixos que es munten de sèrie als motors Minarelli AM6 originals.

El cilindre es de ferro colat, d'un sol cos, amb diàmetre interior 40,3 mm, 5 finestres d'admissió i una d'escapament. Es necessari saber que el cilindre ha sigut sotmès a un tractament contra l'òxid amb sulfurant al 20% i que acumula ja kilòmetres, el que implica que la camisa d'aquest pot oferir un rendiment una mica per baix del que ho faria si es tractés d'una peça nova. No obstant, la diferència es menyspreable. El pes del cilindre es de 1.991 g. (ANNEX A.6, plànols 5, 6, 7, 8 per al cilindre i plànols 9, 10, 11, 12 i 13 per a la culata).

Respecte a la culata, es també d'una sola peça, d'alumini i disposa d'un allotjament per al termòstat mecànic i de dues sortides per al circuit de refrigeració a la part que queda on l'admissió un cop muntada. El pes de la culata es de 340 g.



Fotografia 3.3. Exterior cilindre Minarelli 49 cc original de sèrie utilitzat (tractat amb sulfurant al 20%).



Fotografia 3.4. Interior cilindre Minarelli 49 cc original de sèrie utilitzat (tractat amb sulfurant al 20%).



Fotografia 3.5. Culata Minarelli original de sèrie.

3.3.- Pistó

Per al motor restaurat que farem servir a l'estudi, el pistó que s'ha muntat es de la marca Airsal, es similar al que munta la marca Minarelli per als motors AM6 originals de sèrie, amb la diferència que disposa de dos orificis no travessants als laterals, just a sobre dels orificis del boló . Es tracta d'un pistó d'alumini forjat de 40,3x39 mm amb dos segments. Com el cilindre, es un pistó rodant, i el comportament dels segments pot ser una mica inferior al que tindria en cas de ser nous (potser tindria més compressió). El pes del pistó es de 64 g. (ANNEX A.6, plànol 14).



Fotografia 3.6. Pistó Airsal 49 cc de dos segments utilitzat (de 40,3x39 mm).

3.4.- Rotor original i bobina

El motor d'origen munta un sistema elèctric amb un conjunt de rotor-estator i una bobina de la marca Ducati.

Al motor de l'estudi se li ha muntat el mateix conjunt rotor-estator que es munta de sèrie però se li ha canviat la bobina de sèrie per una d'altra de la marca TOP Performance que no té límit de revolucions, per evitar una possible limitació sobre el règim de treball dels efectes de les modificacions sobre el motor.



Fotografia 3.7. Bobina Top Performance sense límit de revolucions utilitzada.



Fotografia 3.8. Estator Ducati utilitzat, el que es munta de sèrie.

L'estator esta format per 5 bobines i el rotor es d'acer, de 103 mm de diàmetre per 41 d'alçada, i compost per un imant en forma de corona, de 77 mm de diàmetre interior amb un gruix de 10 mm i una altura de 26 mm. El pes del rotor es de 746 g. (ANNEX A.6, plànols 15, 16 i 17).

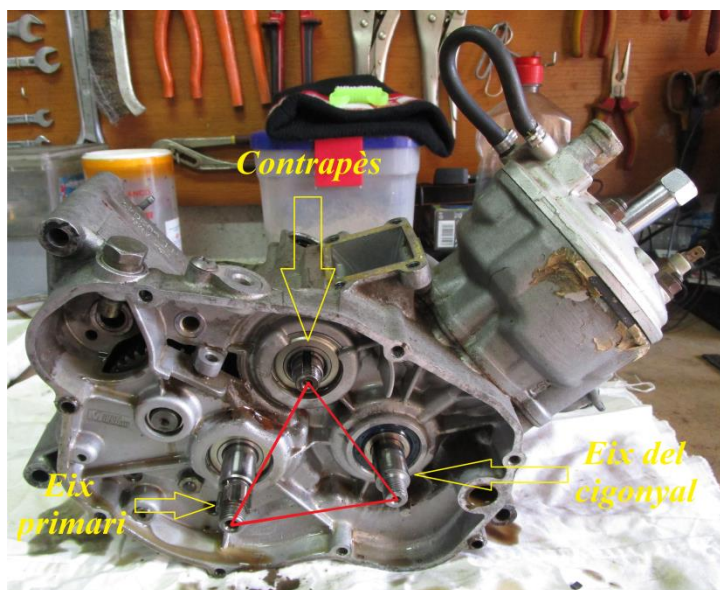


Fotografia 3.9. Rotor Ducati utilitzat, el que munta Minarelli als motors AM6 de sèrie originals.

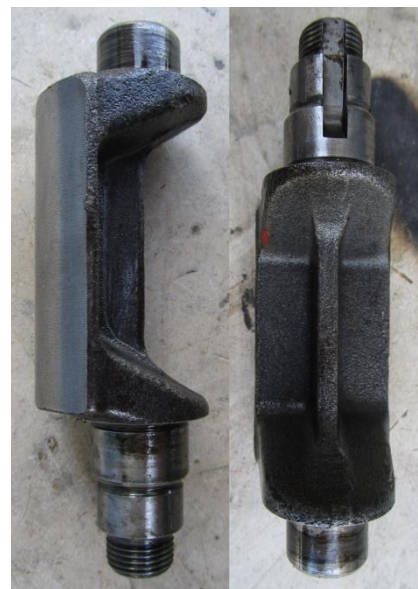
3.5.- Contrapès

Els petits motors Minarelli AM6 tenen un contrapès d'acer de 202 g. situat formant un triangle amb l'eix del cigonyal (a 66 mm en línia recta des del centre de l'eix del cigonyal al centre de l'eix del contrapès) i l'eix primari de la caixa de canvis (a 60 mm de centre a centre entre l'eix primari i el del contrapès), muntat a la meitat del càrter on s'ubica l'embragatge (ANNEX A.6, plànol 18).

Aquest component es necessari degut a que son motors molt lleugers. El fet que el cigonyal i rotor siguin les peces més pesades, no es localitzin al motor simètricament i tinguin un moviment de rotació, fa que es requereixi d'un ajut per tal d'equilibrar el moviment i evitar les elevades tensions internes/tallants a les que es veurien sotmesos els eixos del cigonyal. En cas de l'absència d'un contrapès causaria la fallida del eix del cigonyal on va el rotor i molt possiblement partiria el carter.



Fotografia 3.10. Localització del contrapès al motor Minarelli AM6.



Fotografia 3.11. Contrapès original de sèrie del motor Minarelli AM6.

El contrapès que es s'ha muntat al motor restaurat es exactament el de sèrie, ja que el rotor utilitzat es el original de sèrie i el cigonyal Metra kit només pesa 31 g més que el original de sèrie. I ja que mai ha sigut necessari la modificació del contrapès degut al muntatge d'un cigonyal reforçat (quasi tots els del mercat son una mica més pesats que el original de sèrie), tampoc realitzarem aquesta operació.

3.6.- Admissió

El sistema d'admissió del ciclomotor d'origen està format per un filtre d'aire de caixa tancada, un carburador Dellorto PHBN16, una tubera de 23 mm de diàmetre interior per 35 mm de llargària i una caixa de làmines de 73,5x48,6x36 mm amb un parell de làmines de fibra de vidre de 40,2x32,6 mm. Tot connectat al motor, el qual disposa al càrter d'un petit conducte quadrat de 46x38 mm d'admissió per on passa la mescla fins a la càmera on es troba el cigonyal.

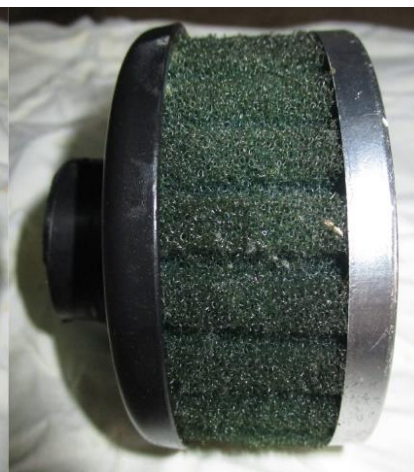
3.6.1.- Filtre d'aire

El filtre d'aire original de la Rieju consisteix en una caixa de plàstic perforada per un lateral per deixar entrar l'aire i amb una esponja al centre per filtrar-lo abans d'entrar al carburador. No dispo de aquest filtre i al ser un model de ciclomotor obsolet no he pogut trobar més informació tècnica sobre ell, tret d'una fotografia trobada a internet.

No es de gran importància no disposar de més informació sobre el filtre original de sèrie ja que per al ciclomotor de l'estudi farem servir un filtre diferent. Un filtre d'aire de la marca Polini sense caixa, de 84 mm de diàmetre per 43 mm d'alçada, amb una esponja en forma de corona de 46 mm de diàmetre interior, 15 mm de grossor i 37 mm d'alçada. L'únic inconvenient respecte al filtre original de sèrie es que s'embruta abans al no disposar de la caixa. En l'admissió d'un motor per carburador sense electrònica el filtre d'aire no té cap altra funció que la de filtrar l'aire, ja que un millor o pitjor comportament del motor depèn directament de la carburació. I, òbviament, un cop muntat tot el sistema d'admissió del nostre motor inicial s'ha efectuat la deguda carburació.



Fotografia 3.12. Filtre d'aire original Rieju SM SPIKE 50 any 2005 [10].



Fotografia 3.13. Filtre d'aire Polini utilitzat al projecte

3.6.2.- Carburador

El carburador que equipa la Rieju SM SPIKE del 2005 de sèrie es un carburador de 16 mm de diàmetre de boca de sortida de la mescla cap al motor, de la coneguda marca italiana Dellorto [1]. Aquest carburador presenta molt bones prestacions i una bona relació potència/consum. També esta considerat com un dels carburadors de fàcil carburació.

Per al motor de l'estudi s'ha muntat un carburador de característiques similars però un poc més gran. Es tracta d'un carburador de 19 mm de diàmetre de la boca de sortida de la mescla cap al motor, de la marca Mikuni. El fet de no muntar el carburador original de sèrie al ciclomotor es degut a que no es disposa de tal component, com passa amb el filtre d'aire. La diferència de muntar el carburador de 19 mm en ves del de 16 mm no aporta un gran canvi en les prestacions del motor, i facilita el procés de carburació degut al tipus de filtres d'aire disponibles.



Fotografia 3.14. Carburador Mikuni de 19 mm utilitzat durant el projecte.

3.6.3.- Tovera

La tovera d'admissió es un component localitzat entre la boca de sortida de la mescla del carburador i la caixa de làmines. La tovera que farem servir es la original de sèrie, que es de goma amb una base metàl·lica de 74x49 mm, boca de 23 mm de diàmetre interior, una longitud aproximada de 35 mm, i va unida al motor amb 4 cargols. L'orifici de la placa metàl·lica que dona a la caixa de làmines te unes dimensions de 21x16 mm.

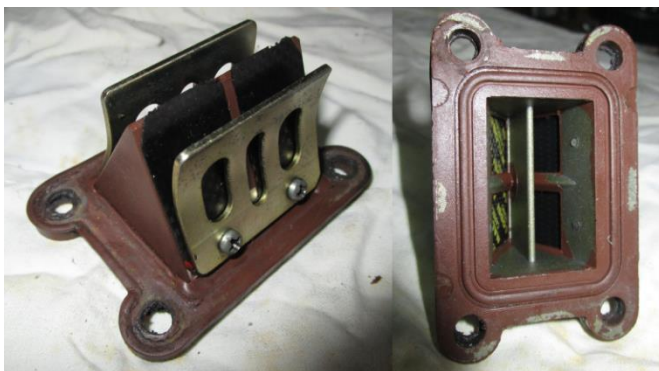


Fotografia 3.15. Tovera original de sèrie motor Minarelli AM6.

3.6.4.- Caixa de làmines

El motor original de sèrie va equipat amb làmines de fibra de vidre de 40,2x32,6 mm. La funció d'aquestes làmines es la de obrir i tancar l'entrada de la mescla cap al cilindre millorant l'admissió del motor, evitant la turbulència, deixant passar la mescla en la fase d'aspiració i evitant que els gasos precompressos en la fase de precompressió surtin cap al carburador causant una pèrdua de compressió.

Per al nostre motor s'han canviat les originals per unes de carboni biaxial amb les mateixes dimensions, que resulten més flexibles en baixes revolucions, més rígides en altes revolucions, eviten el guerdament de a les puntes i milloren la resposta i suavitat del motor. També tenen la particularitat de ser menys agressives per al conjunt cilindre-pistó en cas de ruptura i desprendiment d'algun fragment de làmina cap a l'interior del motor. Van muntades a la caixa de làmines de sèrie, de 73,5x48,6 mm de base i 36 mm d'alçada.



Fotografia 3.16. Caixa de làmines muntada (original Minarelli de sèrie) amb làmines de carboni biaxial.



Fotografia 3.17. Làmina de fibra de vidre de sèrie (esquerra) i làmina de carboni biaxial (dreta).

3.7.- Sistema de refrigeració

El sistema de refrigeració del motor de sèrie original consta d'un radiador de 260x140x32 mm d'alumini, el qual té la funció també de depòsit, situat a la part frontal dreta del ciclomotor, que va connectat a la bomba d'aigua (localitzada a l'altura del cigonyal pel lateral exterior i dret del motor) i a la culata. La bomba d'aigua queda accionada indirectament pel cigonyal, ja que es fa servir un engranatge plàstic per reduir la velocitat de gir, i com a tots els motors, sempre que estigui el motor en marxa dóna voltes al cigonya i per tant, la turbina de la bomba d'aigua. Just a l'entrada del circuit de refrigeració de la culata es troba un petit termòstat que evita la circulació del refrigerant si no hi ha la suficient pressió, per a permetre que el motor arribi abans a la seva temperatura de funcionament.

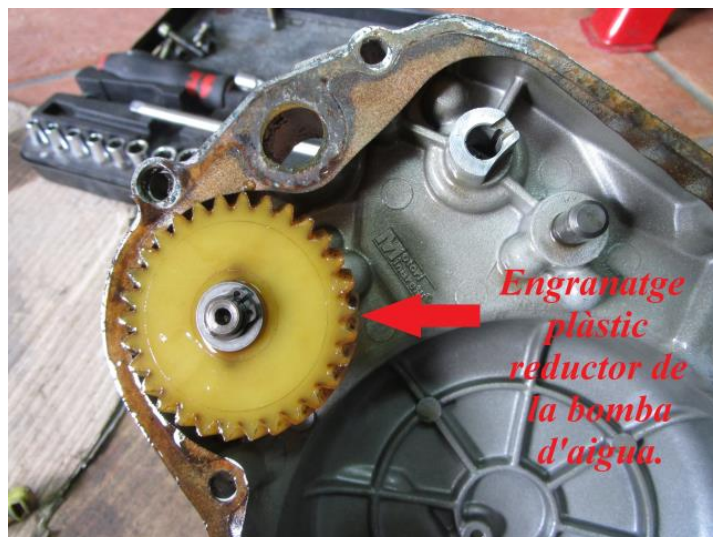


Fotografia 3.18. Radiador original de sèrie que equipa la Rieju SM SPIKE 50 del 2005.

Llavors, en el circuit de refrigeració d'un motor de sèrie original, l'aigua s'introdueix pel tap d'emplenat i, un cop tancat, aquesta travessa el radiador baixant la seva temperatura per l'efecte de l'aire amb el contacte de les aletes del radiador, fins arribar a la sortida situada a la part més baixa, per on el fluid refrigerant/anticongelant passa a l'entrada de la bomba d'aigua per mitjà d'un tub. El moviment rotatori de la bomba d'aigua força l'aigua a passar per la cavitat del motor on es localitza el cigonyal i les parets del cilindre arribant a la culata, on la recorre sencera i a la sortida d'aquesta es troba amb el termòstat, el qual deixa passar el fluid si la pressió a la culata es correspon a la temperatura de rendiment habitual del motor. Un cop la temperatura es la correcta per a l'obertura del termòstat, el refrigerant ascendeix cap a l'entrada del radiador per mitjà d'un altre tub i es repeteix el cicle. La capacitat del circuit es de **0,6 L** d'aigua refrigerant/anticongelant.



Fotografia 3.19. Bomba d'aigua original de sèrie Minarelli AM6.



Fotografia 3.20. Engranatge plàstic reductor de la bomba d'aigua del motor Minarelli AM6.

Pel que fa al sistema de refrigeració inicial del ciclomotor de l'estudi, l'única variació respecte al sistema d'origen es l'anul·lació del termòstat degut a que es tracta d'un motor gasolina de 2 temps de petita potència el qual necessita un alt nombre de revolucions per obtenir un bon comportament i es calenta ràpidament. El termòstat també limita una mica el caudal del refrigerant a l'entrada de la culata i, s'ha vist després d'anys d'experiència, com el sistema es capaç d'una millor refrigeració si no hi esta present aquest component. També es una de les modificacions que hi havia al motor muntat a la Rieju.



Fotografia 3.21. D'esquerra a dreta: Culata amb el termòstat muntat, tal i com ve de sèrie; termòstat desmuntat; i culata sense el termòstat, tal i com estarà durant tot l'estudi.

3.8.- Sistema de lubricació

El motor Minarelli AM6 de 49 cc original de sèrie disposa d'un sistema de lubricació del pistó i cilindre compost per una bomba d'oli Mikuni. La pressió d'entrada d'aquesta bomba esta alimentada pel gir del cigonyal, assegurant així que sempre que el motor romà en funcionament hi ha una mínima pressió i una mínima entrada d'oli. La bomba esta connectada al cable del accelerador per forçar una major entrada d'oli al motor quan s'accelera i l'oli procedeix d'un depòsit (2 litres [1]) per a tal funció instal·lat a la part frontal esquerra del ciclomotor, paral·lel al radiador d'aigua refrigerant.

No obstant, es un **sistema ineficient**, sobre tot si es modifica el motor per a treballar a un número de revolucions més alt, ja que encara que assecuri una mínima entrada d'oli en tot moment mentre gira el cigonyal, el mecanisme està també connectat al cable del accelerador e incrementa l'entrada d'oli a la vegada que s'accelera. Aquest sistema pot ser suficient per al règim de treball normal per al qual està dissenyat el motor amb tots els perifèrics de fàbrica, però si s'augmenta el règim de gir del motor (ja sigui muntant un cilindre més gran, un carburador més gran o un escapament directe) no s'augmenta el recorregut del cable del accelerador, ni el connectat a la bomba d'oli, amb lo qual la quantitat d'oli que alimenta el motor es la mateixa que per al motor de sèrie i produeix la falta d'oli en la càmera de combustió i el gripatge del conjunt cilindre-pistó.



Fotografia 3.22. Bomba d'oli Mikuni anul·lada.



Fotografia 3.23. Allotjament dels engranatges que mourien la bomba d'oli en cas de no estar anul·lada.

Per al motor de sèrie restaurat que farem servir per l'estudi, **la bomba d'oli ha sigut anul·lada**, per tal de no arriscar la correcta lubricació. La mescla es farà de forma manual, com es feia fa uns 25/30 anys. La proporció aproximada serà de 200 mL d'oli per cada litre de gasolina (95). El depòsit d'oli ha estat retirat del ciclomotor deixant l'espai per a muntar el segon radiador. Cal remarcar que es una pràctica molt habitual el anul·lar la bomba d'oli en aquests motors per a qualsevol tipus de preparació, i que al motor ja modificat que duia muntat a la Rieju estava també anul·lat.

4.- PROVES PER A L'OBTENCIÓ DELS PARÀMETRES DE FUNCIONAMENT DEL MOTOR

4.- PROVES PER A L'OBTENCIÓ DELS PARÀMETRES DE FUNCIONAMENT DEL MOTOR

El banc de proves que farem servir per a l'obtenció dels paràmetres de funcionament: parell motor en funció de les revolucions i potència en funció de les revolucions, és un banc de proves Motolab amb més de 20 anys. Aquest banc de proves es troba al taller Auto-Agrícola Galiano SL (c/ casa nova, 3, 12510 Sant Rafael del Riu, Cstello). El preu per cada prova al banc es de 20€ però al tractar-se d'un estudi per a un Treball Final de Grau, el propietari del taller, Juan Manuel Galiano, s'ha mostrat molt generós i no ha volgut cobrar cap prova.

4.1.- Banc de proves

MotoLab es un banc de proves de potència de tipus inercial, capaç de mesurar la potència, el parell, l'acceleració i la velocitat en el propi taller, eliminant la perillositat d'haver de sortir a la carretera a provar el vehicle. Aquest banc permet la lectura d'aquests valors amb el motor muntat al xassís de la motocicleta. Al banc només li cal una acceleració amb la relació de canvi més llarga, per a oferir a l'instant al monitor, i gràficament a la impressora, la gràfica de potència i parell en funció de les revolucions (rpm), i la gràfica de potència i velocitat en relació al temps expressat en segons. Els rodets guanyen velocitat per unitat de temps i el banc pren una relació per a cada instant mentre el programa informàtic calcula el treball per moure la inèrcia dels rodets a aquesta velocitat i en aquest temps. D'aquesta manera calcula la potència a la roda que desenvolupa la motocicleta. També permet la visualització de gràfiques comparatives entre fins a 4 proves diferents. [12]

El banc de proves (Fotografia 4.1) està format d'una bancada que incorpora un capçal per a fixar la roda davantera, dos rodets damunt dels quals es posa la roda motriu i un ordinador que rep i emmagatzema la informació que el motor de la moto, a través de la roda i els rodets li fa arribar. També està complementat amb un ventilador col·locat a la part frontal de la bancada on se situa el vehicle per a simular la circulació en carretera i poder així fer treballar el sistema de refrigeració del motor per mitjà de la circulació d'aire a través del radiador. I en aquest taller també disposa d'un extractor, el qual es connecta per mitjà d'un tub a l'escapament de la moto, i extreure les emissions fora del recinte.



Fotografia 4.1. El banc de proves MotoLab de Galiano amb la Rieju.

D'altra banda, se sol parlar sense fer distinció de la potència a la roda i de la potència en l'eix del motor, quan en la realitat existeix una diferència que cal tenir en compte. En funció de la transmissió de cada motocicleta es pot arribar a tenir una diferència d'entre un 6 % i un 8%. També pot haver una diferència de mesura de la potència entre bancs, i més, tenint en compte les diferents condicions atmosfèriques que es poden arribar a donar. L'edició de la força es realitza sobre les rodes motrius de forma que no s'obté la força generada en el cigonyal. Les pèrdues per fricció amb l'embragatge, canvi i transmissió, redueixen els valors totals de la potència.

4.1.1.- Metodologia al banc de proves

Per a dur a terme cada prova a sobre del banc és essencial que el motor estigui calent, es a dir a temperatura de treball, per tal d'evitar trencaments. També es necessari que la roda tractora, la que va sobre els rodets, estigui equipada amb un pneumàtic llis o de carretera, ja que un pneumàtic amb tacs produiria el salt i patinatge de la roda sobre els rodets i la gràfica que s'obtindria seria errònia.

Un cop disposem del motor calent, es puja el vehicle sobre la bancada, fixant la roda davantera al capçal per l'ajut d'un cargol que porta incorporat i col·locant la roda motriu sobre els rodets. També se situa el ventilador per tal que l'aire que força incideixi frontalment amb el radiador del vehicle, i es col·loca la mànega de l'extractor al final de l'escapament per evacuar els gasos. Seguidament es posa en funcionament el motor del vehicle (per mitja dels rodets) i es va canviant de marxes fins arribar a la que té la relació més llarga, en el nostre cas la 6^a, i es segueix accelerant fins a arribar al màxim que pot donar el motor. Es manté uns segons i es va desacelerant progressivament fins a aturar el motor.

Durant aquest procés l'ordinador ha anat recollint les dades necessàries per a poder generar les diferents gràfiques.

El nivell sonor es comprovarà amb un sonòmetre portàtil "Digital Sound Level Meter SL-814" de la marca ACCESSOTECH durant la prova i s'annotarà el màxim nivell assolit. Pel que fa a la temperatura, es mesurarà un cop finalitzada la prova amb un detector tèrmic per infrarojos de la marca POWERFIX apuntant directament i el més prop possible a la part exterior del cilindre.



Fotografia 4.2. Aparells de mesura.



Fotografia 4.3. Sonòmetre digital SL-814.



Fotografia 4.4. Detector tèrmic per infrarojos de la marca POWERFIX.

4.1.2.- Resultats proporcionats pel banc

Aquest banc pot donar diferents tipus de gràfiques com s'ha comentat anteriorment. No obstant, les gràfiques que farem servir per a comparar els diferents valors dels paràmetres obtinguts seran les que relacionen la potència i parell motor en funció de les revolucions (rpm). També obtindrem la velocitat màxima.

4.2.- Prova de consum

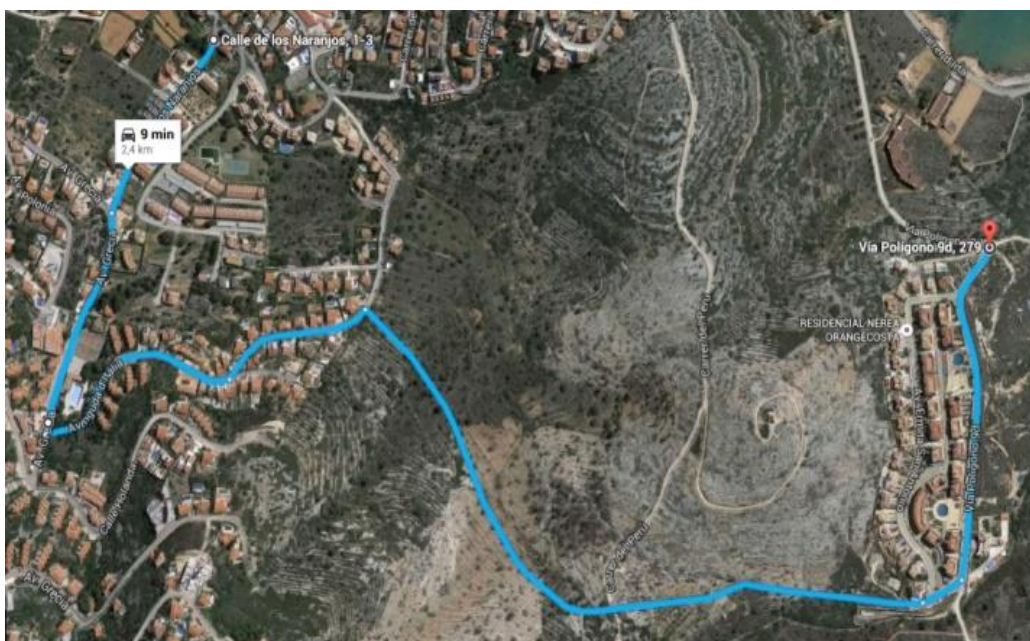
Per a obtenir una aproximació del consum del motor, ja que el ciclomotor no està equipat amb una CPU, la qual ens permetria saber el consum instantani i mitjà, es realitzarà una petita prova en un circuit urbà preestablert. L'elecció d'aquesta forma de mesurar el consum i del traçat es degut a que no es disposa dels suficients recursos econòmics per realitzar la prova en un circuit real (costos de circuit + costos de combustible al circuit + costos de transport,...), tot i que seria lo ideal, i que el ciclomotor no disposa d'assegurança ni permís de circulació, situació que fa arriscada i il·legal cada prova pel circuit urbà.

No es tracta d'una prova de consum molt fiable i precisa però si suficient per comprovar si hi ha un augment significatiu en el consum.

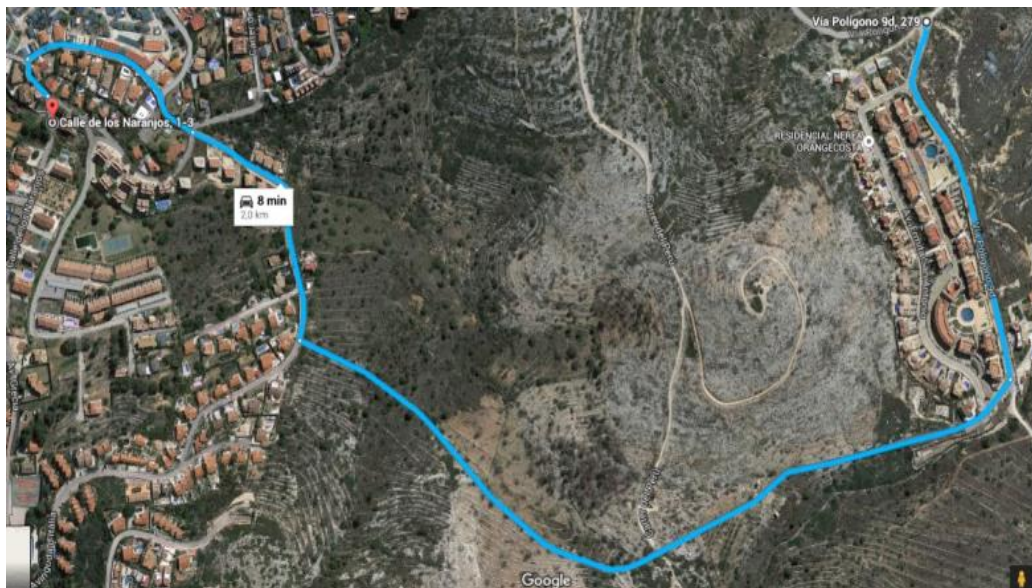
4.2.1.- Circuit

El traçat del circuit urbà s'ha seleccionat tenint en comte la situació legal del ciclomotor i la proximitat al taller on es duu a terme el projecte, ja que es troba a Peníscola (Castelló), i també s'ha fet així per a no cridar l'atenció, ja que no es muntaran els recobriments plàstics del ciclomotor per estalviar temps.

Es tracta d'un traçat amb rectes, corbes i on hi predominen els desnivells. Cada volta consta d'un recorregut de **4,5 km** que han estat mesurats per mitjà de la CPU d'un BMW 320D E46 de l'any 2000.



Fotografia 4.5. Circuit urbà, tram d'anada (2,47 km).



Fotografia 4.6. Circuit urbà, tram de tornada (2,03 km).

El circuit urbà establert es pot dividir en dues parts i passa exactament pels següents carrers:

- Primera meitat o anada: la sortida es troba a la porta del garatge on es duu a terme la part mecànica del projecte, c/ De los Naranjos, 1-3, i recorre el carrer fins a la intersecció d'aquest amb l'avinguda Grècia. Segueix per l'avinguda Grècia des de la intersecció fins al número 52, on es passa a l'Avinguda d'Itàlia, 4, fins al 37, i entra al camí de la urbanització Cerrosol. Recorre aquest camí fins a trobar la Via Polígono 9d (Urbanització Nerea), i va des de numero 49 al 279.
- Segona meitat o tornada: va des del numero 279 de la Via Polígono 9d (Urbanització Nerea) fins al 49 i torna a agafar el camí de la urbanització Cerrosol. El recorre fins a trobar-se de nou amb l'Avinguda d'Itàlia, 37 i segueix per aquesta fins a la intersecció amb el Carrer Costa Rica, el segueix des del numero 26 al 28-30 i finalment torna al carrer De los Naranjos, 1-3.

4.2.2.- Procediment en circuit

Per realitzar la prova al circuit urbà del ciclomotor, es buidarà prèviament el dipòsit d'aquest, s'introduiran 200 mL de mescla de Gasolina i oli per a motors de 2 temps (al 2%) i es donaran voltes al circuit fins l'aturada del vehicle per falta de combustible. Es registrarà el lloc on s'ha aturat el ciclomotor i es calcularà la distància en km que ha recorregut. Es procedirà amb una conducció normal, es a dir, ni anormalment reduïda ni tipus circuit (tenint en compte que els ciclomotors requereixen un nombre elevat de revolucions degut a la seva poca potència).

4.3.- Lectura d'emissions

La lectura de les emissions es durà a terme al taller de mecànica de cotxes Auto Eduardo y Ramón (c/ de Garbí, 16, 12598 Peníscola) per mitjà d'un aparell dissenyat per a aquesta funció. El procediment a seguir serà el mateix que es fa servir per a comprovar les emissions en les inspeccions de la ITV, es a dir, amb el motor calent, el vehicle aturat i a ralenti.

4.3.1.- Màquina utilitzada

Per a analitzar els gasos d'escapament del ciclomotor farem servir l'aparell "Analizador de gases por infrarrojo, Modelo ecológico" de la marca MIAC, el mateix que es fa servir per a fer les inspeccions pre-ITV al taller Auto Eduardo y Ramón. Es tracta d'un instrument de mesura una mica antic i del qual no s'ha pogut trobar la informació tècnica. No obstant, funciona perfectament i es d'una marca líder en el sector amb més de 43 anys.



Fotografia 4.7. Analitzador de gasos per infrarojos, model ecològic, de la marca MIAC utilitzat per a la realització de les proves d'emissions del motor.

4.3.2.- Procediment ITV per a la mesura d'emissions

La forma de procedir a l'hora de fer la mesura serà seguint els passos que es segueixen a les línies dels centres de la Inspecció Tècnica de Vehicles (ITV) [13]:

Condicions de mesura:

- El motor ha d'estar calent, complint a més amb les prescripcions específiques del fabricant del vehicle si n'hi ha.

Procediment d'assaig:

- La sonda de presa de mostres de gasos d'escapament s'introduirà tot el possible al tub d'escapament ja sigui al propi tub o al tub col·lector acoblat al primer.
- La mesura del contingut de CO es realitzarà amb el motor a ralenti. Aquesta posició es manté fins que el valor de la mesura s'estabilitzi.
- S'anotarà el valor del % de volum de CO.

Valors límit:

- El contingut màxim autoritzat de CO als gasos d'escapament, no superarà el següent límit tret que el fabricant indiqui uns altres valors superiors:
 - Vehicles amb emissions no regulades per un sistema avançat de control d'emissions: 4,5% en volum de CO.
 - Vehicles amb emissions regulades per un sistema avançat de control d'emissions, com per exemple, un catalitzador de circuit tancat de tres vies controlat per sonda lambda: 0.5% en volum de CO.



Fotografia 4.8. Mesura d'emissions de la Rieju a Auto Eduardo y Ramón (Peníscola).

5.- MODIFICACIONS REALITZADES

5.- MODIFICACIONS REALITZADES

5.1.- Grup 1: Poliments

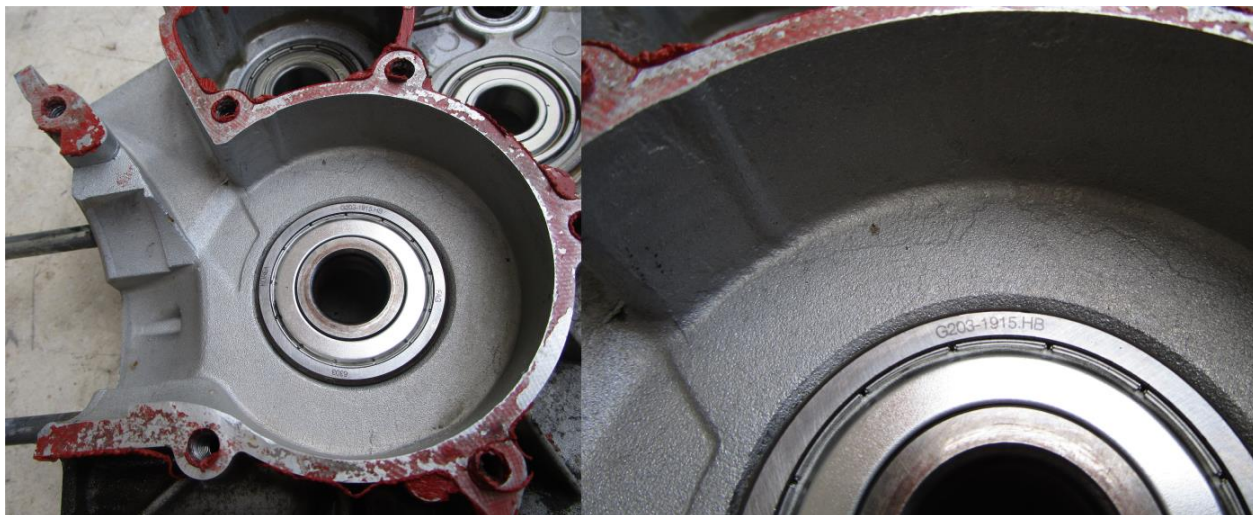
Les primeres operacions a realitzar per a intentar millorar les prestacions del motor serà polir la superfície d'algunes de les parts que estan en contacte amb la mescla per tal de millorar la circulació d'aquesta reduint la fricció de contacte. No es una innovació la realització de poliments de parts com per exemple el carter, ja que la firma GAS-GAS, per exemple, en la seva cadena de muntatge té dedicats alguns operaris per a polir els carters dels motors destinats a competició.

Les peces a tractar són les dues parts del càrter on s'hi produeix l'entrada de la mescla, la culata i la biela. Amb aquesta operació s'espera que el motor tingui una major fluïdesa de circulació del combustible, la qual proporcioni major suavitat de funcionament, una millor resposta i asseguri la menor presència de paràsits deguts als productes de combustió incompleta. No s'espera efectes adversos per realitzar el poliment de les peces seleccionades ja que només afecta a l'acabat superficial, no hi ha una rebaixa de material de les peces significatiu per a que pugui afectar la seva durabilitat. Tampoc són parts que hagin de retenir lubricant.

5.1.1.- Càrter

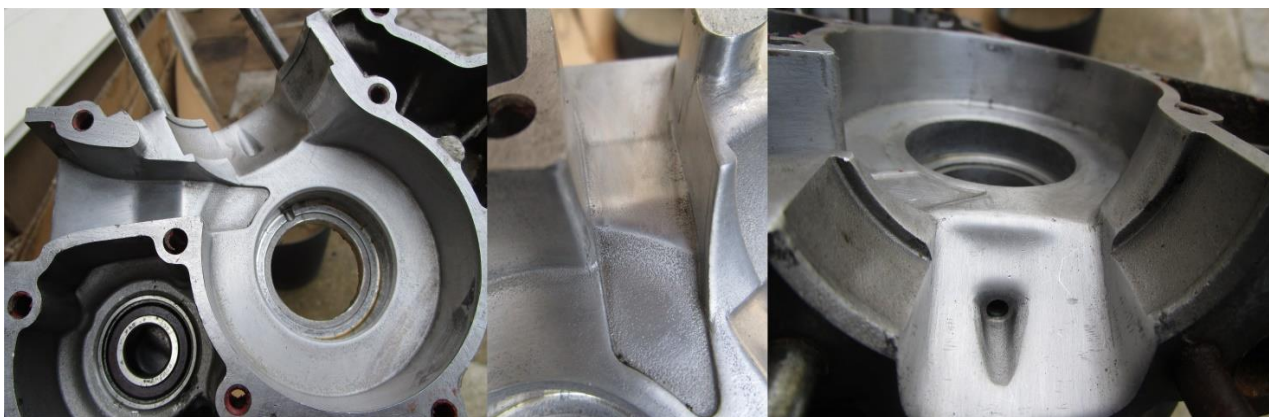
El càrter el componen dues peces de fundació d'alumini que unides formen el cos del motor. Al seu interior hi podem distingir dos compartiments: la caixa de canvis, on dins hi ha l'eix primari, el secundari i els engranatges de les relacions, el tambor selector de marxes, l'eix de la palanca de canvis, els selectors de marxes i el contrapès; i el càrter del cigonyal, que conté el cigonyal i l'últim tram de l'admissió, i és la part inferior del cilindre, per on entra la mescla.

L'acabat superficial interior de sèrie dels dos compartiments del motor es una mica rugós. Això no afecta gaire a la part de la caixa de canvis ja que va mullada amb valvulina i, a l'estar en constant moviment tots els mecanismes que conté, la valvulina es distribueix per totes parts i està en constant moviment (com si fos una batedora). En canvi, pel compartiment del càrter del cigonyal hi circula la mescla des de que passa la caixa de làmines fins que entra a les lluminàries d'admissió del cilindre, i recorre (teòricament) per totes les parets del càrter. És aquesta la part que ens interessa que presenti un acabat superficial molt llis per tal de minimitzar les pèrdues per fregament de la mescla durant el seu camí per aquesta cavitat e intentar augmentar la velocitat d'entrada de la mescla.



Fotografia 5.1. Càrter motor Minarelli AM6 amb l'acabat superficial de sèrie (una mica rugós).

Per a dur a terme el poliment d'aquestes dues peces, es necessari desmuntar per complert el motor, netejar-lo i, mitjançant paper abrasiu de diferents rugositats, polir a mà tota la superfície que ha d'entrar amb contacte amb la mescla. És molt important que el polit no afecti la part on s'encaixen els coixinets i retens del cigonyal, així com el perfil d'unió de les dues meitats del càrter on va la pasta de juntes. Tampoc és aconsellable realitzar aquesta operació amb els rodaments muntats, ja que la pols que despremем al polir pot picar-los. El paper abrasiu que es fa servir per a aquesta operació en ordre d'ús és de 320, 800 i 1000. Un cop polida tota la superfície cal netejar tot el càrter de restes de despreniment d'alumini. És important que el dissolvent que fem servir no entri en contacte ni amb els rodaments ni amb els retens.

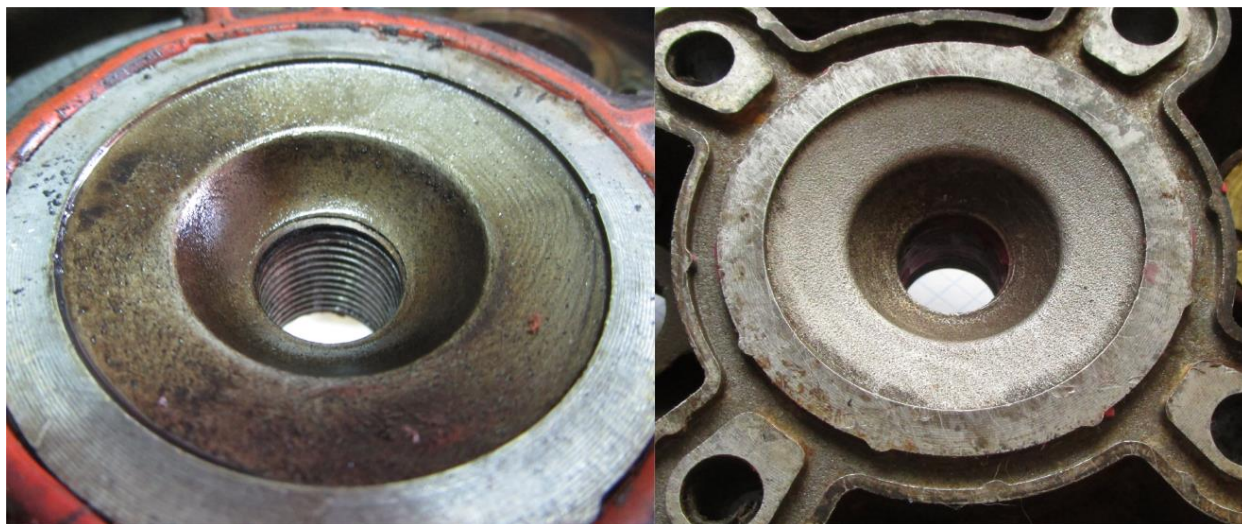


Fotografia 5.2. Càrter amb la càmera del cigonyal i l'admissió polides.

5.1.2.- Culata

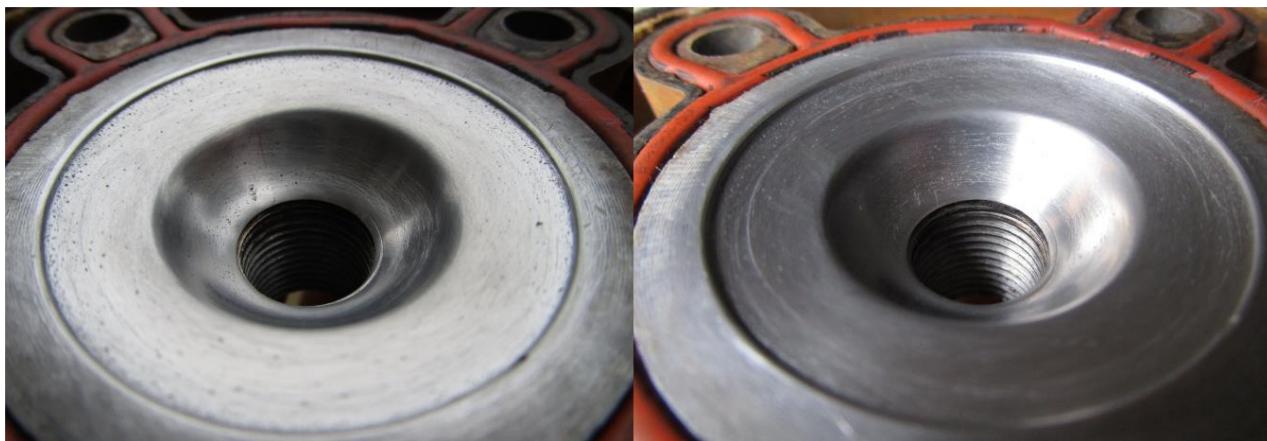
La culata és la tapa del cilindre i on s'allotja la bugia. Pel que fa a la part interior podem diferenciar 4 parts: l'allotjament de la junta exterior, el cap del circuit de refrigeració del cilindre (on també es troba el termòstat mecànic en cas que disposem d'ell), l'allotjament de la junta interior i el capçal de la cambra de combustió. Aquesta última part, juntament amb el capçal del pistó, és una de les parts que suporten més pressió degut a l'explosió de la mescla ja que es troba en contacte directe. En els motors AM6 de sèrie la culata esta formada d'alumini i presenta un acabat superficial una mica rugós.

Amb l'experiència he pogut comprovar com amb el temps i l'ús s'acumula carbonissa, fet que embruta la mescla nova entrant i redueix les dimensions de la cambra de combustió. Aquesta situació redueix el rendiment del motor.



Fotografia 5.3. Cambra de combustió de la culata amb carbonissa (esquerra) i l'acabat superficial de sèrie (dreta).

Llavors, aquesta és la part on durem a terme el polit per tal d'intentar evitar aquesta formació. Per a polir el capçal de la cambra de combustió de la culata desmuntarem prèviament les juntes i la bugia, i procedirem d'igual manera que amb el càrter, a mà i amb els mateixos papers abrasius. També anirem amb compte de no afectar la rosca central ni la superfície de contacte amb les juntes. Un cop realitzat el poliment netejarem a consciència la culata, ja que restes de material podrien ocasionar fallida de juntes o, en el pitjor dels casos, el gripatge del motor (Plànol 19 de l'ANNEX A.6).



Fotografia 5.4. Cambra de combustió de la culata polida.

5.1.3.- Biela

La biela es l'encarregada d'unir, transmetre i transformar el moviment rectilini i alternatiu del pistó, produït per l'explosió de la mescla dins la càmera de combustió, en el moviment de rotació del cigonyal. La biela consta de tres parts: el peu, que és el punt d'unió amb el pistó per mitjà d'una caixa d'agulles i un boló; el cos; i el cap, que és el punt d'unió amb el cigonyal per mitjà també d'una caixa d'agulles i un boló. Als motors AM6, la biela (de sèrie o reforçada) presenta també un orifici o dos al peu i al cap per tal de permetre que l'oli de la mescla arribi i lubriqui les respectives caixes d'agulles. L'acabat superficial de la biela original de sèrie és una mica rugós i té marcats alguns símbols d'identificació amb relleu.

La biela que equipa el nostre motor restaurat no és la original de sèrie. Es tracta d'una biela de la marca Metra Kit reforçada (de dimensions una mica més grans que les de la biela d'origen). Presenta una forma i acabat superficial similars a la de sèrie, i un forat de lubricació de la caixa d'agulles al peu més que la d'origen.



Fotografia 5.5. Biela 46 Metra Kit utilitzada al motor estudi sense modificar.

La idea de realitzar un poliment en aquesta peça és per els mateixos motius descrits per al càrter, però també donar un perfil de tall més esmolat al canto davanter i posterior. Per dur a terme aquesta operació ens ajudarem d'una fresa de precisió, com pot ser una Dremel, per esmolar els cantons i dels mateixos papers abrasius que en la resta de poliments per donar un acabat el més fi possible. Haurem d'anar en compte de que la pols del despreniment del material no entri en contacte amb la caixa d'agulles del cap de la biela, ja que no la separarem del cigonyal. I al finalitzar, tindrem el mateix compte per no deixar entrar en contacte el dissolvent amb la caixa d'agulles a l'hora de netejar-la.



Fotografia 5.6. Biela 46 Metra Kit amb els cantons acabats amb punta i polits.

Amb aquesta operació realitzada sobre els cantons de la biela no només hem fet un poliment si no que hem rebaixat una mica de material, amb el que haurem reduït una mica el pes de la biela. Com ja vam dir al principi, al no poder desmuntar la biela del cigonyal per falta d'eines, el tractem com un conjunt, i el pes del conjunt un cop realitzada la modificació a la biela es de 1.319 g, només **1 g** menys que el conjunt sense modificar. Podem comprovar la diferència en la forma i acabat de la biela al Plànol 20 de l'ANNEX A.6.

5.2.- Grup 2: Planificacions

En la segona part de modificacions durem a terme la planificació de dos elements per tal d'augmentar la compressió dins la càmera de combustió i reduir una mica el pes del motor. Pel fa a la planificació d'elements com la culata, es una pràctica habitual per a reparar les que, pel pas del temps i kilòmetres, han sofert deformacions i no es pot aïllar el circuit de refrigeració de la càmera de combustió. Llavors es recorre a aquest recurs per a donar una forma completament plana a la superfície de contacte entre la culata i la junta de culata, i recuperar així la estanqueïtat d'aquesta, guanyant una mica de potència per l'augment de compressió degut a la disminució del volum de la cambra de combustió.

I tampoc es cap secret que com més lleuger és un motor, millor relació potència-pes presenta, menor consum, millor acceleració,...

5.2.1.- Cigonyal

El cigonyal amb que hem equipat el motor restaurat és de la marca Metra Kit i disposa d'uns eixos amb un diàmetre de 17 mm, iguals que els del cigonyal original. També presenta un cos més massís, així com un acabat superficial més fi que el cigonyal de sèrie original. El pes d'aquest component es de 1.319 g, 30 g més pesat que l'original de sèrie. Una diferència notable entre aquests dos cigonyals és que el Metra Kit presenta dos orificis travessers a cada costat, cosa que l'original no. Aquests orificis poden produir turbulència dins de la cambra de combustió del càrter durant el pas de la mescla, causant un empitjorament del rendiment (pot fer entrar més aire o més mescla al cilindre, descompensant la mescla injectada pel carburador).

L'operació realitzada en aquesta peça per tal d'intentar millorar les prestacions del nostre motor d'estudi consisteix en reduir la massa ja que, juntament amb el rotor i el contrapès, és una de les 3 peces amb moviment més pesades del motor. La idea principal és rebaixar uns 3 mm/costat amb el que aconseguirem un alleugeriment del cigonyal aproximat de 200 g (sobre un 15%). També es taparan aquests 2 forats travessants que presenta a cada costat per tal d'evitar la possible turbulència de la mescla al seu pas pel càrter.

Per a dur a terme aquesta operació s'ha hagut de recórrer a una empresa especialitzada, ja que no es disposa de les eines necessàries per fer-ho al meu taller. La primera opció va ser dur el conjunt biela-cigonyal a Rectificats i recanvis La Plana S. L., una petita empresa localitzada al polígon Ronda sur, c/Sierra de Irta, nau 36, Castelló (12006). És una empresa en la que ja havia treballat des de fa anys per a dur a terme la rectificació de cilindres, culates d'automoció, compra de pistons,...

Després d'una setmana d'espera, van aconseguir tapar els forats travessant amb tefló (operació prou comú) però em van comunicar que degut a la duresa del acer del cigonyal es requeria un torn especial per realitzar l'operació demandada. Que ho podrien fer però amb un cost massa alt (una aproximació de 5 hores de feina a un preu de **60 €/hora, sense IVA**, amb el que el preu finat podria pujar a més de 360€). Al tractar-se d'un experiment no vaig creure apropiat realitzar una despesa tant elevada per una peça que no és segur que presenti les millores de rendiment inicialment esperades.

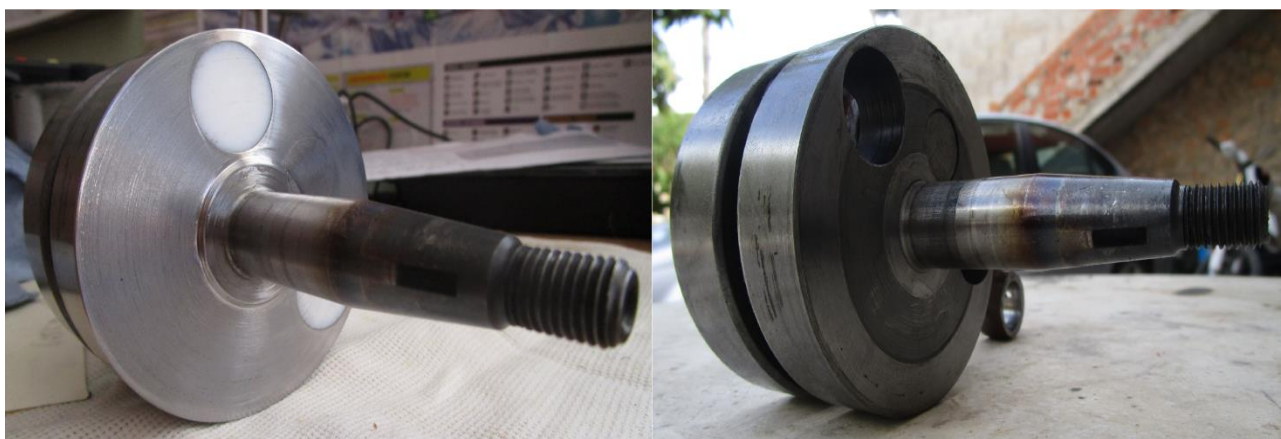
Tot i no realitzar la rebaixa de pes del cigonyal, la factura per tapar els orificis amb tefló ha estat de **31,80 €**, preu excessiu per a l'operació realitzada.

No obstant, vaig trobar una altra empresa, Garpasa S.L. (c/G. Bretaña, 54/Cdad Transporte, també a Castelló) dedicada al mateix. En aquest segon cas em va atendre l'operari de l'empresa amb més anys d'experiència i em va assegurar que rebaixar 3 mm/costat el cigonyal era excessiu, que quedaria massa descompensat i no m'aniria bé. Per la seva experiència, rebaixar 1 mm/costat el cigonyal ja era prou arriscat. Després de valorar amb ell les possibilitats, vaig decidir rebaixar el cigonyal només **1 mm/costat**. També em van donar un pressupost prou més ajustat (tot i que la rebaixa era menor), menys de 100 € IVA no inclòs. Al cap d'una altra setmana més d'espera, vaig anar a recollir la peça. Finalment el cigonyal ha estat rebaixat **1,15 mm/costat** i ha suposat un cost de **145,2 € IVA inclòs** (ANNEX A.6, plànol 21).

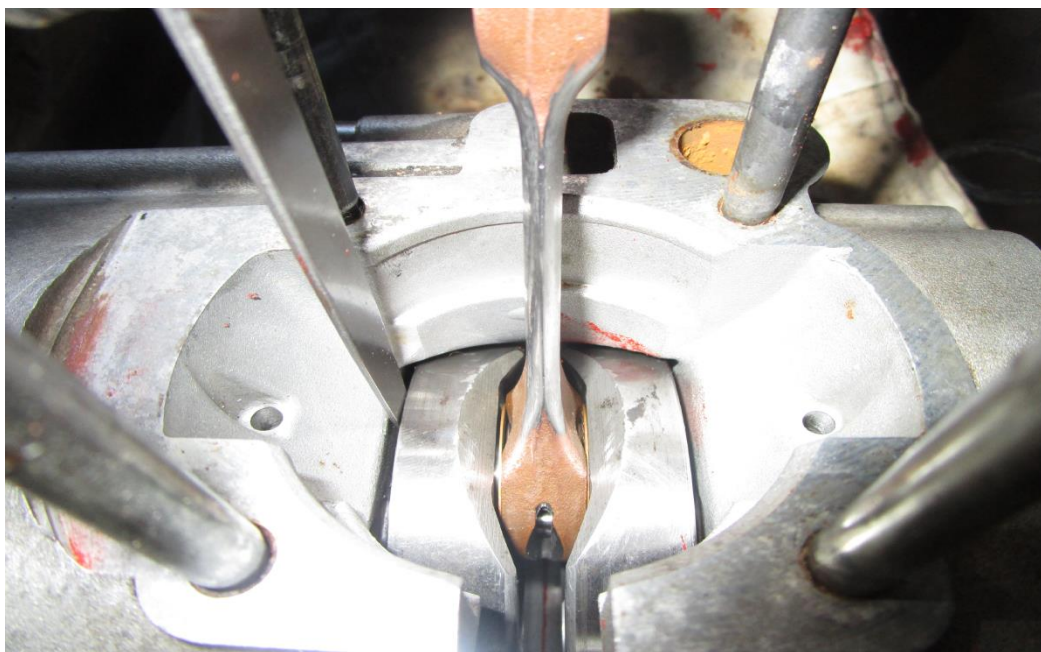
Llavors, el nostre cigonyal modificat té els forats travessants de l'equilibrat tapats amb tefló i està rebaixat 1,15 mm/costat, reduint el pes del conjunt només uns **24 g** (de 1.319 g inicials a 1.295 finals). La reducció de pes es menyspreable, ja que es més gran la diferència que hi ha entre el pes del cigonyal original de sèrie, 1.289 g, i el Metra Kit utilitzat sense rebaixar, 1.319 g (30 g de diferència). Degut a un impacte econòmic massa elevat no s'ha pogut dur a terme una rebaixa significativa de pes al cigonyal, el principal objectiu de les modificacions en aquesta peça.



Fotografia 5.7. Cigonyal Metra Kit amb els forats tapats amb tefló i rebaixat 1,15 mm/costat (esquerra) i cigonyal Metra Kit sense modificar (dreta). Part eix embragatge.



Fotografia 5.8. Cigonyal Metra Kit amb els forats tapats amb tefló i rebaixat 1,15 mm/costat (esquerra) i cigonyal Metra Kit sense modificar (dreta). Part eix rotor.

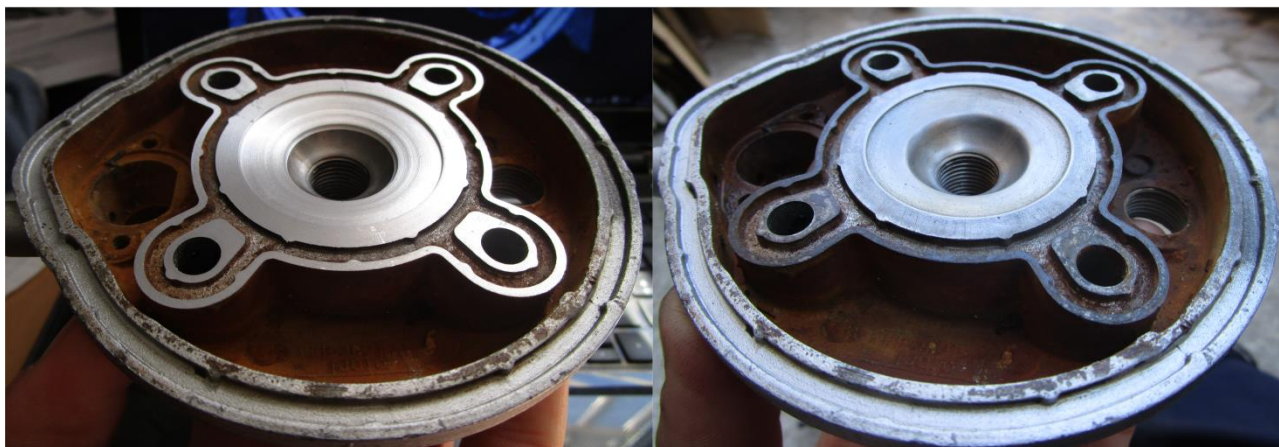


Fotografia 5.9. Imatge on s'aprecia com ha crescut la folgança entre el cigonyal i el càrter.

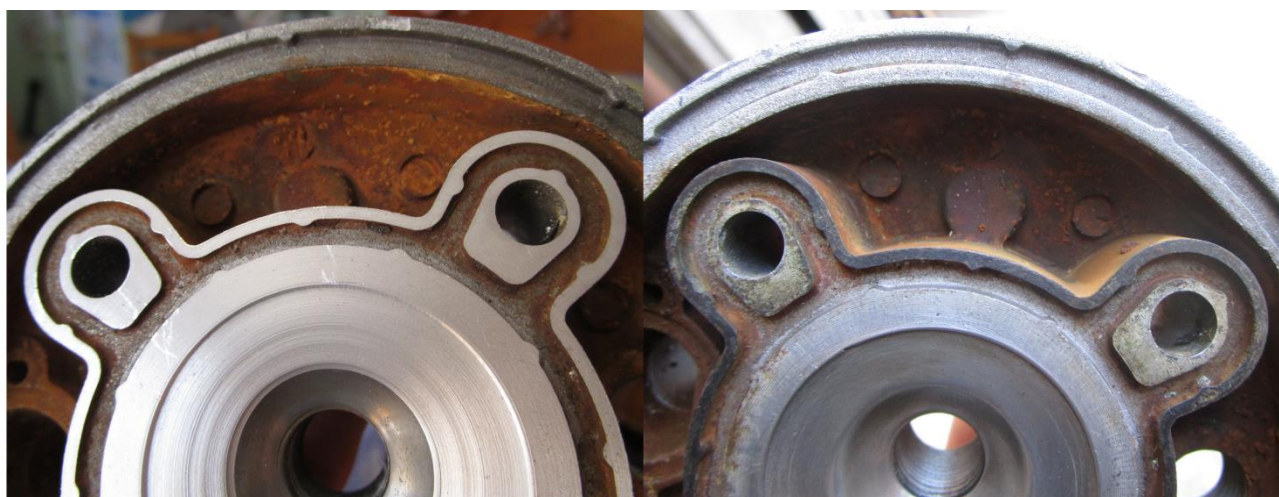
5.2.2.- Culata

Després de polir la superfície de la cambra de combustió de la culata, procedirem a planificar la culata per tal d'augmentar la compressió. Per dur a terme aquesta operació també es necessari recórrer als serveis d'una empresa especialitzada. Vaig aprofitar el viatge a Castelló, a La Plana, per dur a modificar el cigonyal, per a deixar també la culata a planificar. Pel que fa a la culata, la idea inicial es rebaixar-la 1 mm. Una setmana més tard, havien realitzat l'operació però d'una forma errònia, ja que havien rebaixat únicament la part interior i no l'exterior, amb el que podria perdre estanqueïtat la junta que separa la cambra de combustió de la cambra del cilindre per on circula el fluid refrigerant. També havien rebaixat un poc la cambra de combustió de la culata, la mateixa que havia polit per al primer grup de modificacions. I el cost de modificar la culata ha estat de **18,60 €**.

Insatisfet (i molest més ben dit) per la feina realitzada per La Plana, vaig agafar una altra culata de sèrie original exactament igual a la modificada, i vaig preguntar a Garpasa S.L. per realitzar la operació desitjada a la culata correctament.



Fotografia 5.10. Culata “mal” planificada (esquerra) i culata sense planificar (dreta).



Fotografia 5.11. Cambra de combustió rebaixada (esquerra) i cambra de combustió sense rebaixar (dreta).

El mateix operari experimentat de Garpasa S.L. que em va atendre, informar i aconsellar sobre la rebaixa del cigonyal, va analitzar el que volia fer a la culata i la feina feta per La Plana a la culata ja planificada. En quant a la culata planificada, efectivament, al no planificar-la tota, sinó només la

part central, la cambra de combustió quedarà comunicada amb la cambra del fluid refrigerant del cilindre en el muntatge, empitjorant notablement el rendiment del motor, produint un consum de fluid refrigerant, la contaminació amb olis del circuit refrigerant, perdent potència,... I també el haver-la rebaixat 1 mm era excessiu, que segur que el capçal del pistó picaria la culata tot i la rebaixa feta a la cambra de combustió d'aquesta.

I pel que fa a la idea de planificar la culata rebaixant-la fins a 1 mm, és una operació que no es pot dur a terme degut a la forma del capçal del pistó del motor, ja que presenta una forma esfèrica i colpejaria la cambra de combustió de la culata. Planificar la culata es duu a terme en motors amb un cap del pistó pla o amb piscina i quan es planifica una culata per a motors amb capçal de pistó esfèric és només en cas d'una deformació o similar, sempre es toca també la cambra de combustió amb el que no es modifica les dimensions d'aquesta. Segons l'operari, està tan ajustada la cambra de combustió que l'hauria de rebaixar molt poc amb el qual no es notaria millora, només perdria temps i diners.

Després de valorar els consells d'algú amb molta més experiència que jo amb aquestes operacions vaig decidir no realitzar la planificació d'una segona culata. No obstant, soc una mica cabut i m'agrada comprovar les coses per mi mateix, així que vaig voler provar la culata planificada. Tal i com m'havia dit l'operari de Garpasa S.L. no va funcionar. El motor arrancava però no es mantenia a ralenti i al accelerar s'ofegava. Vaig haver de polir una altra culata Minarelli de sèrie de 49 cc per seguir amb el projecte.

5.3.- Grup 3: Reduccions

La idea d'aplicar aquest grup de modificacions al motor es alleugerir més el seu pes, millorar la lubrificació del cilindre-pistó, i millorar l'entrada de gasolina a la cambra de combustió.

5.3.1.- Rotor

El rotor del nostre motor, el mateix que es munta als motors originals de sèrie, és una peça prou pesant, de 746 g. Juntament amb el cigonyal, el cilindre i el contrapès, és una de les peces més pesants del motor, per tant seria interessant poder reduir el seu pes.

El rotor consta d'una part metàl·lica i una altra d'imant, i té la funció de generar amb el seu moviment rotatori el camp magnètic que en les espirals del estator es transforma en corrent elèctric. Va muntat sobre l'eix del cigonyal que travessa la meitat del càrter on es troba la sortida de l'eix secundari (on va el pinyó que transmet el moviment al plat de la roda per mitjà de la cadena). El tipus de bobinatge de l'estator i el tipus de rotor que es fa servir permet desenvolupar una potència o una altra i com més potència genera, millor prestacions presenta el motor que l'equipa.

La reducció de pes al nostre rotor es durà a terme per mitjà de forats iguals, situats de la forma geomètrica més perfecta possible, per tal d'intentar no desequilibrar-lo molt. Si descompensem el pes del rotor el desequilibrem i això podria causar la ruptura d'un dels eixos del cigonyal. La forma ideal de realitzar la reducció de pes del rotor seria mitjançant una màquina de control numèric per ordinador (CNC) per la realització dels forats i per a planificar-lo. Posteriorment s'hauria d'equilibrar per assegurar la integritat del conjunt un cop muntat al motor. Aquesta operació té un cost molt alt i no és assequible pel pressupost de l'autor del TFG.

La manera en la que s'ha realitzat l'alleugeriment de la peça es més rudimentària però pot ser suficient per comprovar els efectes sobre el rendiment del motor que ocasiona aquesta modificació. El fet que no s'hagi pogut equilibrar el rotor després de ser perforat pot haver limitat la durabilitat dels components del motor.

Llavors, es van marcar els punts on es realitzarien les perforacions, localitzant-los amb ajuda d'una regla, cinta mètrica i un peu de rei. Per a fer més fàcil la visualització de com aniria quedant, també es va fer servir cinta adhesiva per limitar les zones de treball. Un cop marcada la localització dels forats amb llapis, vaig fer servir un cisell per a assegurar que a l'utilitzar el trepant no es desplaçava la broca. Vaig agafar com a referència els dos forats situats de forma simètrica que ja presentava i que no semblaven ser de l'equilibrat. Aquests forats eren de la corona superior però no a la placa interior reblada, i vaig perforar aquesta placa. Eren de 10 mm de diàmetre i és el mateix diàmetre amb el que he realitzat els altres 6 forats.



Fotografia 5.12. Forat complet a la placa interior reblada.

Amb l'ajut del trepant i un suport per a fer-lo anar amb precisió vaig anar fent els 6 forats. Primer amb una broca de 2,5 mm, seguit d'una de 5 mm, una de 8 mm i finalment amb la de 10 mm. És un acer una mica dur i m'he ajudat de lubricant a l'hora de perforar per tal de no fer malbé les broques. Un cop realitzats els forats he tret les rebaves amb l'ajut de la Dremel i una fresa cònica.



Fotografia 5.13. Marcatge i acabat de la perforació de la corona exterior del rotor.

Amb els 8 forats a la corona exterior del rotor s'havia reduït el seu pes uns **15 g**. Com era poca diferència vaig estudiar la forma de com rebaixar una mica més el pes sense comprometre gaire la integritat de la peça i amb les eines de les quals disposava.



Fotografia 5.14. Rotor amb les 8 perforacions de 10 mm a la corona exterior.

Tot seguit, vaig procedir a realitzar 8 forats més, aquest cop a la corona central reblada. Procedint de la mateixa manera, marcant i després perforant, vaig realitzar (de la forma més simètrica possible) 8 forats més entre els reblons. Aquest cop de 8 mm de diàmetre. Per procedir vaig fer servir primer una broca de 2 mm, seguit d'una de 5 mm i finalment acabant amb la de 8 mm. També vaig fer servir lubricant per a perforar, i la Dremel per eliminar les rebaves.



Fotografia 5.15. Corona central del rotor amb 8 forats de 8 mm de diàmetre.

Amb aquesta segona tanda de forats el pes del rotor va baixar **25 g** més. Ja havia alleugerit el rotor **40 g en total**, un **5,36%**. Però encara no ho trobava suficient i vaig seguir rebaixant.

Per a seguir amb l'alleugeriment vaig unir 4 dels forats exteriors amb 4 dels interiors, fent forma de creu amb la intenció que es mantingués una mica l'equilibrat (ANNEX A.6, plànol 22). Per fer-ho vaig fer servir la Dremel amb dos freses diferents, una per a menjar material i l'altra per a suavitzar l'acabat i treure les possibles rebaves. També vaig fer servir diferents llimes per no cremar la Dremel.



Fotografia 5.16. Marques de la unió de forats a mecanitzar al rotor.



Fotografia 5.17. Eines utilitzades al procés de mecanitzat del rotor.

El resultat final de la modificació és un rotor de **695 g**, **51 g** menys que sense modificar (746 g inicials). Amb tota la operació el pes ha estat reduït un **6,84%**, no és molt però espero que suficient per a notar canvis sobre el comportament del motor. El rotor no està equilibrat, cosa que a la llarga podria ocasionar problemes al motor (partir el càrter o inclús el mateix eix del cigonyal). Aquesta operació no s'ha dut a terme com s'ha dit abans, però per a veure la reacció del motor a la modificació no es necessari, ja que només ha de suportar una pujada al banc de proves i un parell de voltes com a màxim pel circuit urbà. Si es notés una millora en quan a les prestacions ja es duria a equilibrar. La falta d'equilibrat d'aquesta peça també pot provocar una mica més de vibracions del motor.



Fotografia 5.18. Rotor alleugerit 51 g, un 6,84% menys pesat que sense modificar.

5.3.2.- Pistó

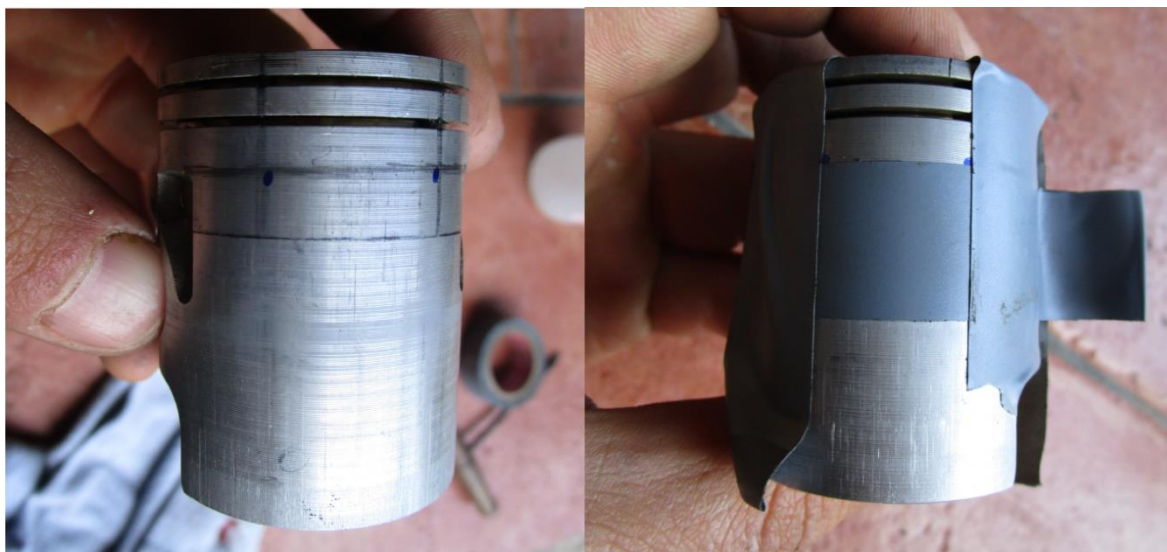
El pistó que utilitzarem per l'estudi és de la marca Airlsal, i és similar al que es munta als motors Minarelli AM6 de sèrie. Es tracta d'un pistó d'alumini de dos segments, de 40,3 mm de diàmetre x 53 mm d'altura, i simètric, es a dir, de mateixes dimensions de faldilles d'admissió i d'escapament. Presenta una superfície exterior una mica rugosa, ja que hi són presents diversos segments transversals en relleu al llarg de tot el cilindre, per a assegurar la retenció d'oli i una millor lubrificació.

Tot i aquesta superfície rugosa que reté una mica d'oli, realitzarem 4 petits forats per intentar augmentar el nivell d'aquesta retenció. Els forats es situaran de forma simètrica a la meitat frontal i la posterior. És en aquestes dues parts on es vol augmentar la retenció d'oli ja que amb l'experiència he pogut comprovar que la majoria de gripatges de pistons es localitzen en aquestes dues zones: l'admissió i, sobre tot, l'escapament. Es precis explicar que no seran forats travessants, sinó més bé cavitats.



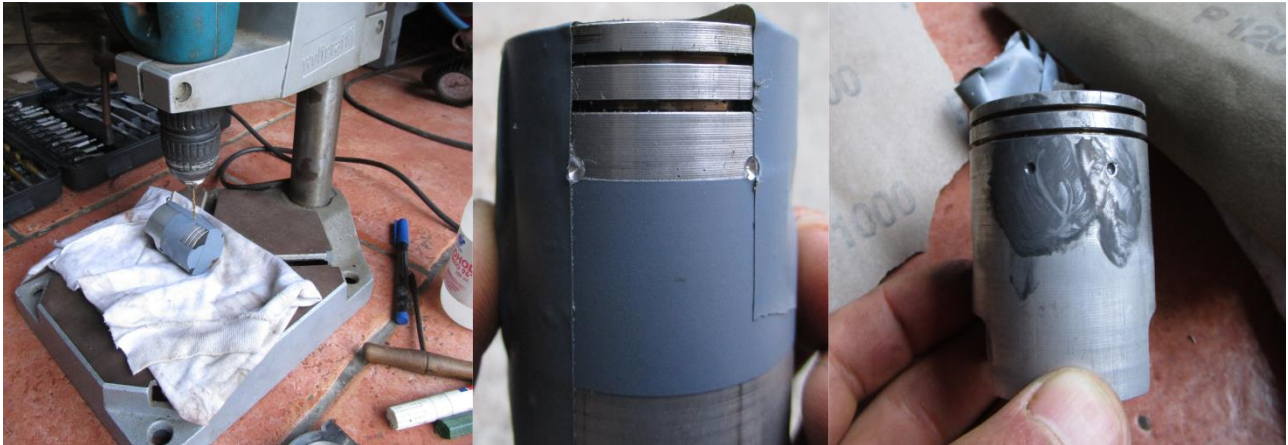
Fotografia 5.19. Tres pistons amb predomini de gripatges a la zona frontal (escapament) i del darrere (admissió).

El primer que vaig fer és marcar les localitzacions d'on anirien els forats a llapis i amb l'ajut de la cinta mètrica i el peu de rei, ajudant-me com amb el rotor de cinta adhesiva per treballar millor i remarcant els forats amb un retolador blau per fer-los més visibles.



Fotografia 5.20. Pistó Airlsal marcat per a ser perforat.

I com per a la realització dels forats al rotor, amb l'ajut del trepant i del suport de precisió, vaig procedir a realitzar els petits forats al pistó. Vaig utilitzar una broca de 2 mm (amb el que s'ha donat aquest diàmetre a cada forat), i amb l'ajut del peu de rei es va intentar que els forats tinguessin una profunditat aproximada no superior a 1 mm. Acabats els forats, es va fer servir unes gotes de valvulina del canvi i paper abrasiu de 1000, seguit de paper de 1200 per suavitzar les possibles rebaves dels forats. També vaig aprofitar per fer una passada amb els papers abrasius al capçal del pistó i treure la carbonissa acumulada pel funcionament. Un cop realitzat els poliments el vaig netejar amb un dissolvent i vaig muntar els segments.



Fotografia 5.21. Procés de perforació del pistó Aïrsal.

Els forats es situen a 13 mm de la part superior. Els de la part frontal (escapament) equidisten uns 15 mm, a 7,5 mm de l'eix central cadascun. Els forats de la part del darrere (admissió) equidisten uns 18 mm, a 9 mm de l'eix central. Les dimensions les podem consultar a l'ANNEX A.6, plànol 23. Els 4 forats han reduït menys d'un gram el pes del pistó.



Fotografia 5.22. Pistó Aïrsal amb els 4 forats de lubricació.

5.3.3.- Contrapès

El contrapès que munta aquest motor té la funció de reduir vibracions. No estic segur si la reducció de pes efectuada al cigonyal i al rotor ens permet reduir de pes el contrapès sense que això augmenti les vibracions al motor. Per intentar no desequilibrar massa el motor, es va rebaixar el pes mantenint la relació inicial de pesos entre el rotor i el contrapès. El pes inicial del rotor era de 746 g i el del contrapès de 202 g, per tant la relació es de $746/202 = 3,693$. Com el rotor s'ha rebaixat a 695 g (un 6,84%), per tal de mantenir el màxim possible la relació, el contrapès s'ha de rebaixar 13,81 g.

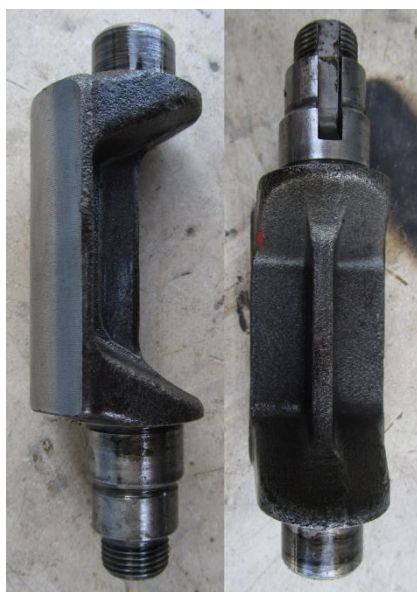
El contrapès es excèntric, amb la qual cosa si rebaixem tot el pes per la part més allunyada a l'eix central disminuïrem notablement la inèrcia, potser més del que caldria. Donades les eines de les que es disposa per a realitzar aquesta operació, es va decidir fer servir una radial amb un disc per arrancar material i anar rebaixant un poc pels laterals del contrapès. Es una forma també prou rudimentària de rebaixar de pes aquest component i no assegura una pèrdua d'inèrcia exacta.



Fotografia 5.23. Contrapès amb els laterals marcats per a rebaixar.



Fotografia 5.24. Eines utilitzades per a la modificació del contrapès.



Fotografia 5.25. Contrapès sense modificar.



Fotografia 5.26. Contrapès rebaixat 18 g (un 8,9% menys pesant).

Llavors, vaig marcar els laterals i vaig col·locar el contrapès al gat i anava menjant els laterals amb la radial. Intentava deixar una geometria similar als dos costats i anava pesant la peça per a no passar-me amb l'alleugeriment.

Finalment el contrapès ha estat rebaixat **18 g**, aconseguint un pes final de la peça de **184 g** (respecte als 202 g inicials). Aquesta reducció representa una **8,9%**, una mica superior al 6,84% al que es volia rebaixar però degut al mètode utilitzat no he pogut aproximar-me més. Amb això no es manté exactament la relació de pes inicial de 3,693, sinó es té una **relació de pes rotor/contrapès final de 3,777**, prou aproximada però.

5.4.- Grup 4: Refrigeració

El Sistema de refrigeració actual que s'equipa als ciclomotors amb motor Minarelli AM6 presenta una millora molt gran respecte als antics motors refrigerats per aire que es muntaven als ciclomotors. No obstant, es tracta d'un circuit curt i amb un radiador no gaire gran, i són motors que requereixen treballar a un alt nombre de revolucions per a poder desenvolupar la poca potència que tenen. Aquest fet fa que el sistema de refrigeració original de sèrie sigui suficient per al motor tal i com surt de fàbrica, però si es fa la més mínima modificació, com ara canviar l'escapament o carburador, sumat a la limitada capacitat de la bomba d'oli per lubricar la mescla, el sistema de refrigeració comença a sofrir mancances.

5.4.1.- Segon radiador

Aprofitant l'espai que queda buit al xassís de la Rieju d'estudi a l'haver anul·lat la bomba d'oli i el dipòsit d'aquest, s'hi muntarà un segon radiador. La ubicació no podia ser millor, ja que es localitzarà a la part frontal del vehicle, simètricament al radiador original. De fet, totes les motos de 2 temps de més de 100 cc ja venen de sèrie equipats amb un parell de radiadors.

El radiador elegit és de característiques similars a les de l'original de sèrie, d'alumini i 294,5x140x53,5 mm (ANNEX A.6, plànols 24 i 25). Es tracta d'un radiador de segona mà però en bon estat.



Fotografia 5.27. Segon radiador a instal·lar.

Com es pot apreciar en les fotografies no es tracta d'un radiador nou. És un radiador d'una moto de cross de 49 cc, de característiques prou similars al ja muntat a la Rieju. El radiador es trobava en perfectes condicions tret d'algunes aletes de refrigeració que estaven doblegades per haver rebut cops. El primer que vaig fer va ser tornar les aletes doblegades a una posició similar a la inicial amb l'ajut d'un tornavís pla i fi, i amb paciència. I un cop adreçades les aletes, s'ha fet servir una pistola d'aire i un compressor per a netejar els espais entre aletes de la brutícia que tenia.



Fotografia 5.28. Aletes doblegades del segon radiador.

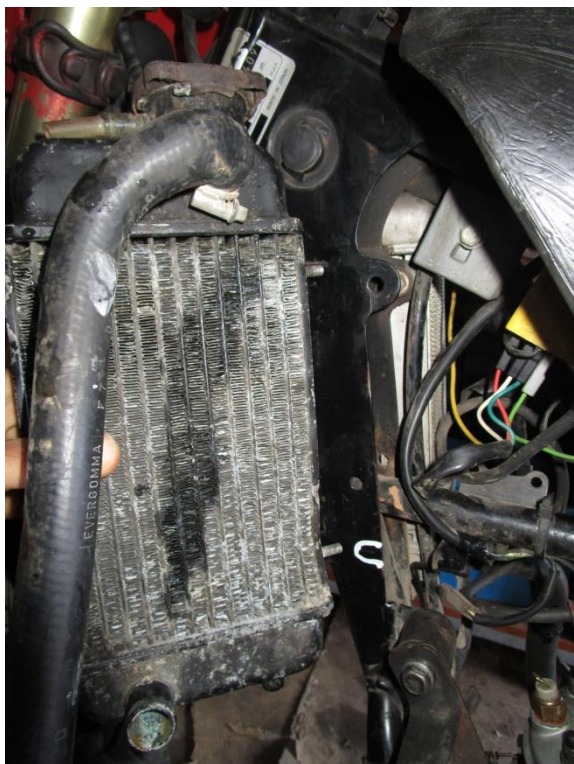


Fotografia 5.29. Aletes adreçades del segon radiador.

Per a dur a terme l'acoblament d'aquest segon component primer vaig haver de realitzar una petita rebava per a aprofitar un cargol del radiador per al muntatge d'aquest al ciclomotor.



Fotografia 5.30. Localització al ciclomotor on s'allotjarà el segon radiador.



Fotografia 5.31. Ubicació del segon radiador i rebava a mecanitzar marcada en blanc.



Fotografia 5.32. Segon radiador muntat al xassís de la Rieju.

Va ser necessari fer derivacions al sistema de toveres de refrigeració per poder connectar els dos radiadors. Per a dur a terme aquesta modificació es va utilitzar un parell d'entroncaments amb forma de "T" de plàstic, de la marca MetalCaucho (recanvis d'automoció, mc068), del mateix diàmetre que els tubs de refrigeració d'origen. Es tracta de components fabricats per als conductes del sistema de refrigeració dels cotxes, amb lo que no deuriem de donar cap problema. Els seu preu però es va considerar excessiu: 6 €/entroncament.



Fotografia 5.33. Entroncaments amb forma de "T" de la marca MetalCaucho utilitzats al circuit de refrigeració.

Vaig fer servir tubs de sistemes de refrigeració d'altres motos desguassades que tenia per casa, amb les mateixes característiques que els muntats a la Rieju. De fet, quasi tots els ciclomotors fan servir components estàndard per les conduccions del sistema de refrigeració. L'entrada d'aigua situada a la part alta del radiador la vaig unir per mitjà del entroncament amb forma de "T" a l'homònima de l'altre radiador, per a acabar a l'entrada d'aigua de la culata, com el sistema original. I pel que fa a la sortida d'aigua, situada a la part inferior del radiador secundari, també la vaig empalmar a la sortida del d'origen per mitjà d'un altre entroncament en forma de "T", per desembocar a l'entrada de la bomba d'aigua. Em vaig haver d'ajudar d'una brida de plàstic per a assegurar la posició del tub que va de la sortida del segon radiador cap a l'entrada de la bomba d'aigua, ja que es troba prop de la bufanda de l'escapament i cal evitar el contacte amb aquesta (la calor del escapament podria fondre el tub). Van ser necessàries 8 abraçadores metàl·liques més, a part de les 4 utilitzades al muntatge original, per a assegurar l'estanqueïtat de les conduccions del sistema, quedant un total de 12 abraçadores metàl·liques instal·lades.



Fotografia 5.34. Entroncament per unir l'entrada superior dels dos radiadors i l'entrada a la culata.



Fotografia 5.35. Entroncament per a unir les sortides dels dos radiadors a l'entrada de la bomba d'aigua.

No vaig creure necessària la modificació de la bomba d'aigua, feina que hagués estat molt costosa i complicada. I pel que fa a la capacitat de líquid del sistema de refrigeració, s'ha vist **augmentat en 0,5 L** d'aigua refrigerant/anticongelant. Després de realitzar unes voltes per carretera per comprovar la fiabilitat del nou sistema de refrigeració muntat no es van observar pèrdues de líquid refrigerant ni cap comportament estrany del motor. Tampoc s'inflava cap tub ni suava, i els dos radiadors s'escalfaven i refredaven a la vegada. En quant al rendiment, aparentment no hi havia cap canvi.

El cost total d'aquesta modificació ha estat de **20,68 €**: 12 € dels entroncaments i 8,68 € d'una garrafa de 5L de líquid anticongelant/refrigerant per a cobrir la nova capacitat del circuit.

Després de la realització del 4th grup de modificacions, el ciclomotor presentava el segon radiador d'aquesta forma:



Fotografia 5.36. Rieju al banc de proves amb el segon radiador instal·lat.

6.- ANÀLISI DE TENSIONS I DEFORMACIONS DEL CIGONYAL AMB SIEMENS NX8

6.- ANÀLISI DE TENSIONS I DEFORMACIONS DEL CIGONYAL AMB SIEMENS NX8

Per estudiar el comportament del cigonyal durant el seu funcionament s'ha fet servir el programa SIEMENS NX8 per a realitzar un modelat i simulació de les tensions i deformacions a les que està sotmès aquest component.

6.1.- Determinació de la força que actua sobre el boló del cigonyal

Es farà servir la màxima potència obtinguda al banc de proves per a determinar aquesta força. Aquesta potència correspon a la 3^a pujada al banc de proves (amb el motor reconstruït, el 1^{er} grup de modificacions realitzat i ben carburat), i és de **5,62 CV o 4,13 kW**.

La potència efectiva o potència en l'eix, P_e (W) ó (kW), és la potència mesurada en l'eix del motor (o cigonyal). Es determina en els bancs de proves dels motors tèrmics amb el motor sol (sense estar muntat a cap vehicle: moto, cotxe...)

En el nostre cas, la prova de la potència s'ha realitzat amb el motor muntat sobre el xassís de la motocicleta Rieju al banc de proves inercial MOTOLAB (Banc de Rodets) i la potència es mesura en l'eix de les rodes. Per tant, aquesta potència és una mica inferior a la potència efectiva o potència en l'eix (o cigonyal), ja que hi ha una certa pèrdua de potència per fregaments en la transmissió d'aquesta entre l'eix motor i l'eix de la roda. Per fer els càlculs s'hauria de considerar que la potència obtinguda al banc de proves (Banc de Rodets) és de l'ordre d'entre un 6% i un 8% inferior a la potència efectiva (P_e) que s'hagués obtingut en l'eix del motor (o cigonyal). Llavors, agafarem una pèrdua del **7%** per a dur a terme els càlculs:

$$P_e (W) = P_{\text{Banc rodets}} (W) \cdot 1,07 \quad [6.1]$$

$$P_e = 5,62 \text{ CV} \cdot \frac{735,5 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \cdot 1,07 = 4422,86 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad P_e = 4422,86 \text{ W}$$

El parell motor efectiu (T_e) és el producte de la força aplicada (F) d'empenta als cilindres per la distància (d) a l'eix geomètric de gir de l'arbre del cigonyal. La relació que hi ha entre el parell motor efectiu (T_e) i la força en el cigonyal (F) és:

$$T_e (N \cdot m) = F (N) \cdot d (m) \quad [6.2]$$

On: d és equivalent a la meitat de la cursa del pistó. En el motor Minarelli AM6 la cursa del pistó es de **39 mm**.

La relació que hi ha entre la potència efectiva (P_e) i el parell motor efectiu (T_e) és:

$$P_e (W) = T_e (N \cdot m) \cdot 2 \cdot \pi \cdot n (\text{rev/s}) \quad [6.3]$$

On: n (rev/s) és el règim de gir del motor en revolucions/s, i s'acompleix que $n (\text{rev/s}) = n (\text{rpm})/60$.

Llavors:

$$P_e = T_e \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \rightarrow T_e = \frac{60 \cdot P_e}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{60 \cdot 4422,86}{2 \cdot \pi \cdot 7400} = 5,707 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \Rightarrow \quad T_e = 5,71 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$d = \frac{\text{cursa del pistó}}{2} = \frac{39}{2} = 19,5 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad d = 19,5 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0,0195 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad d = 0,0195 \text{ m}$$

$$T_e = F \cdot d \rightarrow F = \frac{T_e}{d} = \frac{5,707}{0,0195} = 292,67 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad F = 292,67 \text{ N}$$

Per tant, la força (F) que actua al cigonyal del nostre motor, i la que farem servir en la simulació amb el software SIEMENS NX8, és de **292,67 N**.

6.2.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit sense modificar amb un mallat bàsic

En un primer cas s'analitzarà el cigonyal Metra Kit sense modificar per veure sota quines tensions treballa i les deformacions que pateix. Així doncs, seguint els plànols del cigonyal (ANNEX A.6, plànols 2, 3 i 4), s'ha modelat la peça aconseguint una reproducció molt fidel (veure Figura 6.1).

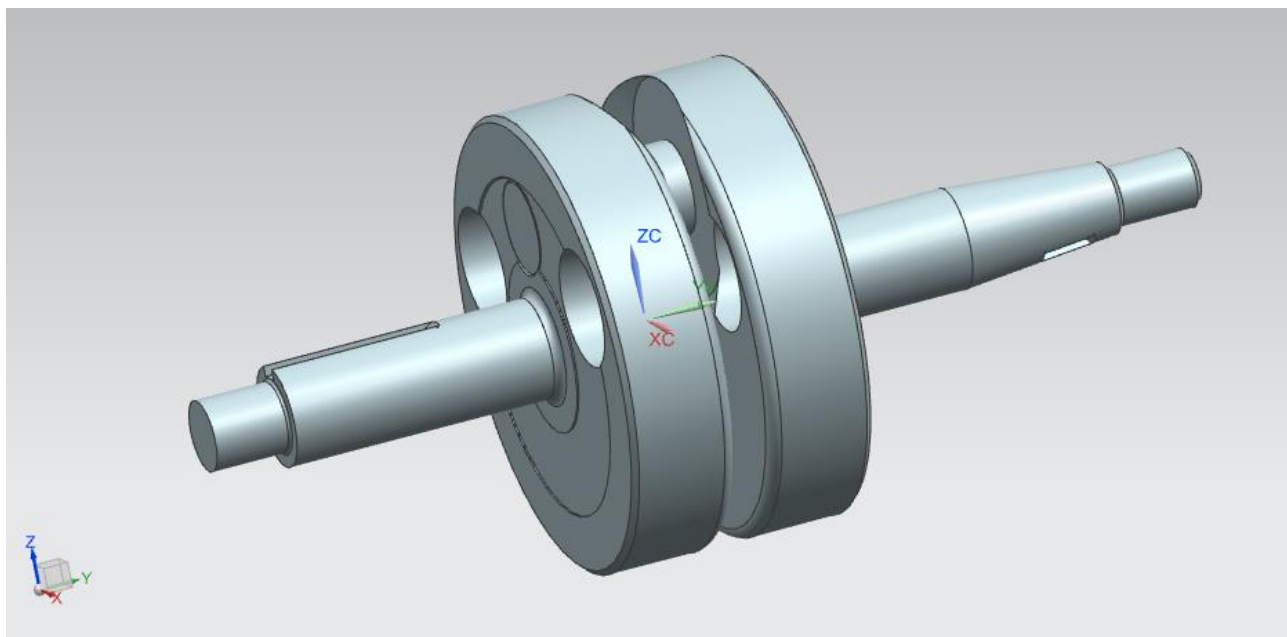


Figura 6.1. Modelat del cigonyal Metra Kit sense modificar amb el programa SIEMENS NX8.

Com no es coneix exactament amb quin tipus d'acer està fabricat el cigonyal Metra Kit utilitzat al projecte, s'ha buscat l'acer de la llibreria del programa SIEMENS NX8 que més es correspongués amb l'utilitzat per a la fabricació de cigonyals. L'acer seleccionat ha estat el AISI 4340. Aquest acer s'utilitza en la fabricació de cigonyals de grans prestacions com ara competició, i ja que el nostre cigonyal es reforçat segons el fabricant, és una elecció que s'aproxima molt a la realitat. **La tensió límit del mòdul elàstic d'aquest acer és de 210 GPa.**

Per a aquesta primera simulació s'ha fet servir un mallat tetraèdric 3D CTETRA(4), amb una mida d'element de 4 mm [3]. Un mallat prou senzill.

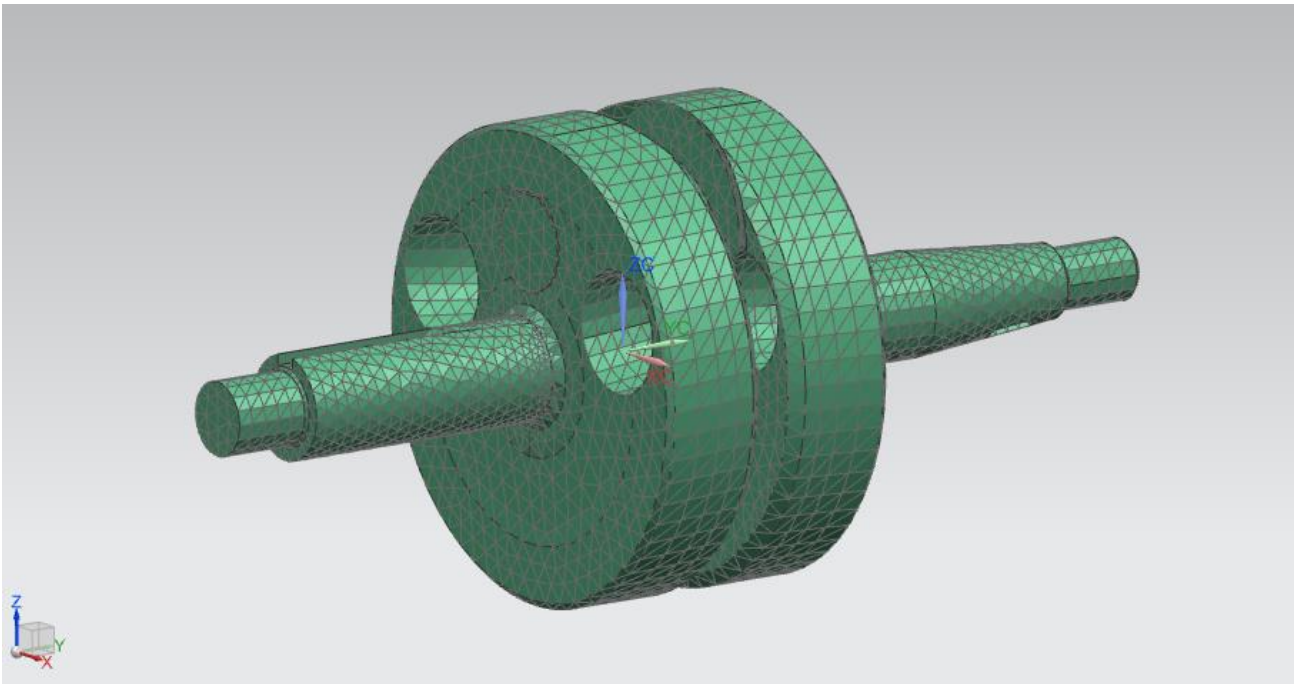


Figura 6.2. Primer mallat senzill utilitzat (mallat tetraèdric), de 4 mm de mida d'element.

La càrrega aplicada ha sigut la F calculada anteriorment de **292,67 N**, i s'ha aplicat en la direcció de l'eix Z sobre el boló que uneix les dues parts del cigonyal, on es connecta amb la biela i aquesta amb el pistó, qui transmet aquesta força provocada per l'explosió de la mescla.

Pel que fa a les restriccions, s'han considerat restriccions fixes als dos eixos.

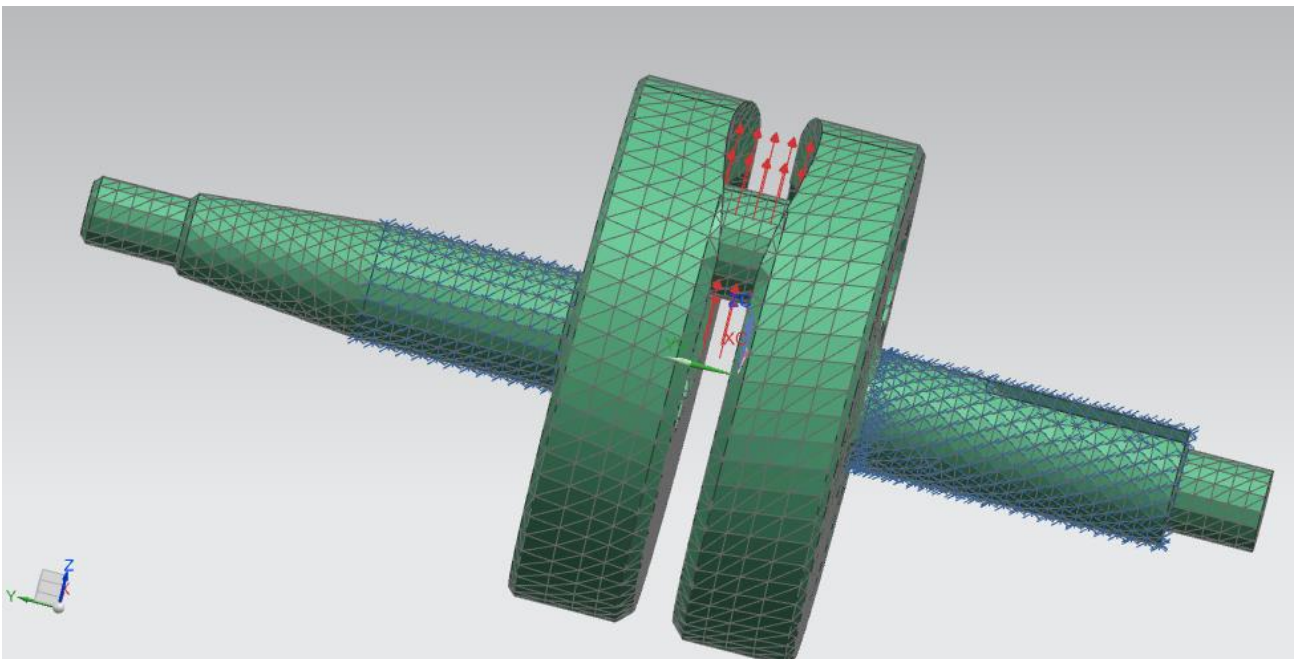


Figura 6.3. Aplicació de la força (F) i les restriccions sobre el cigonyal de la primera simulació.

Per a una simulació més correcta caldria delimitar les restriccions a la zona que està en contacte amb els coixinets del cigonyal (14 mm i no els eixos sencers), ja que és sobre aquesta zona la que suporta el cigonyal i on recau la reacció de la força (F). També s'hauria de fer servir un altre tipus de restricció que no la fixa (encastament), perquè els eixos no romanen fixos sinó roten al voltant del seu eix. No obstant, el meu coneixement sobre la utilització d'aquest complex programa no va més enllà dels coneixements adquirits a l'assignatura de DSAO del Grau en Enginyeria Mecànica de l'EPSEVG, i com que l'objectiu d'aquest Treball Final de Grau no és el disseny del cigonyal, els resultats obtinguts aplicant aquests paràmetres ja seran suficientment acceptables per a veure les reaccions de la peça als esforços als que està sotmesa.

Una vegada resolta la simulació s'han obtingut els següents resultats:

Desplaçament nodal – Magnitud

El desplaçament nodal resultant de la primera simulació del cigonyal es dona en la Figura 6.4.

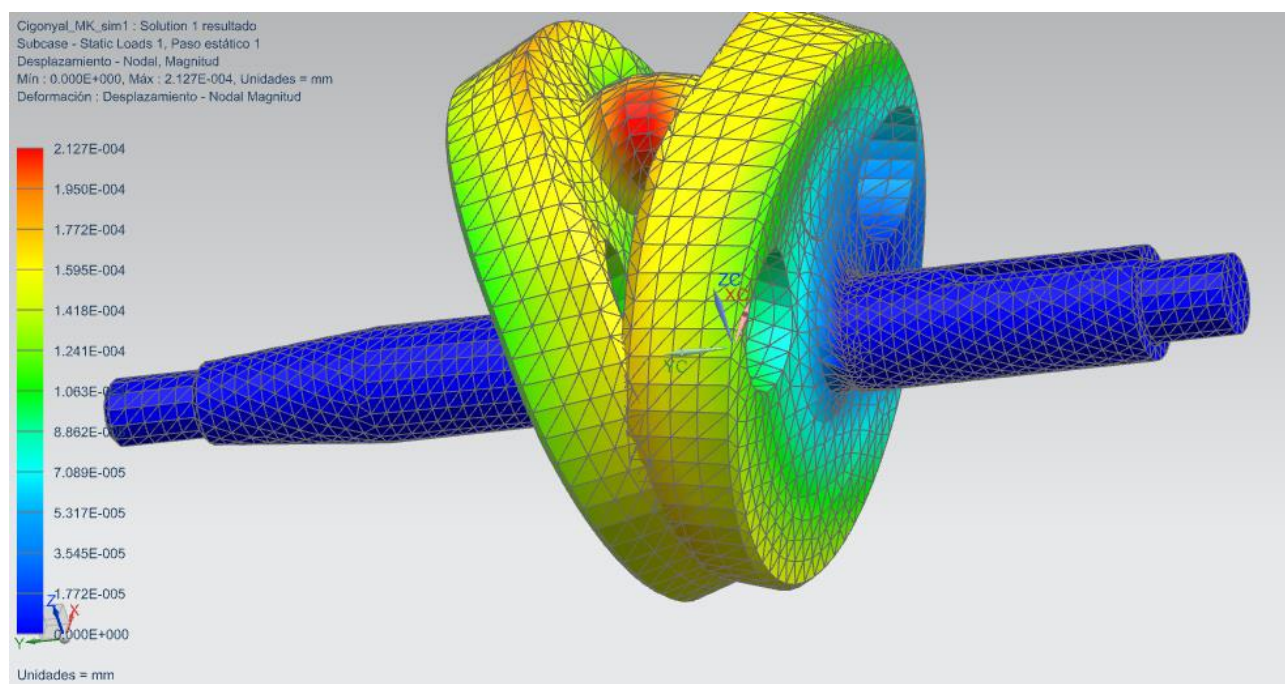


Figura 6.4. Desplaçament nodal resultant de la primera simulació del cigonyal.

La deformació màxima del cigonyal deguda a la força (F) a la que està sotmès durant el seu funcionament és de $2,13 \times 10^{-4}$ mm i es localitza a la part central del boló que uneix les dues meitats del cigonyal. Es tracta d'una deformació prou petita, la qual no afectaria al funcionament de la peça.

Cal dir que el programa SIEMENS NX8 exagera la deformació produïda en la peça en els resultats visuals que mostra per tal de facilitar el comprendre en quina direcció i de quina manera es produeix la deformació del component.

Esforz elemental – Von Mises

En la Figura 6.5 es mostra l'esforç elemental – Von Mises resultant de la primera simulació del cigonyal

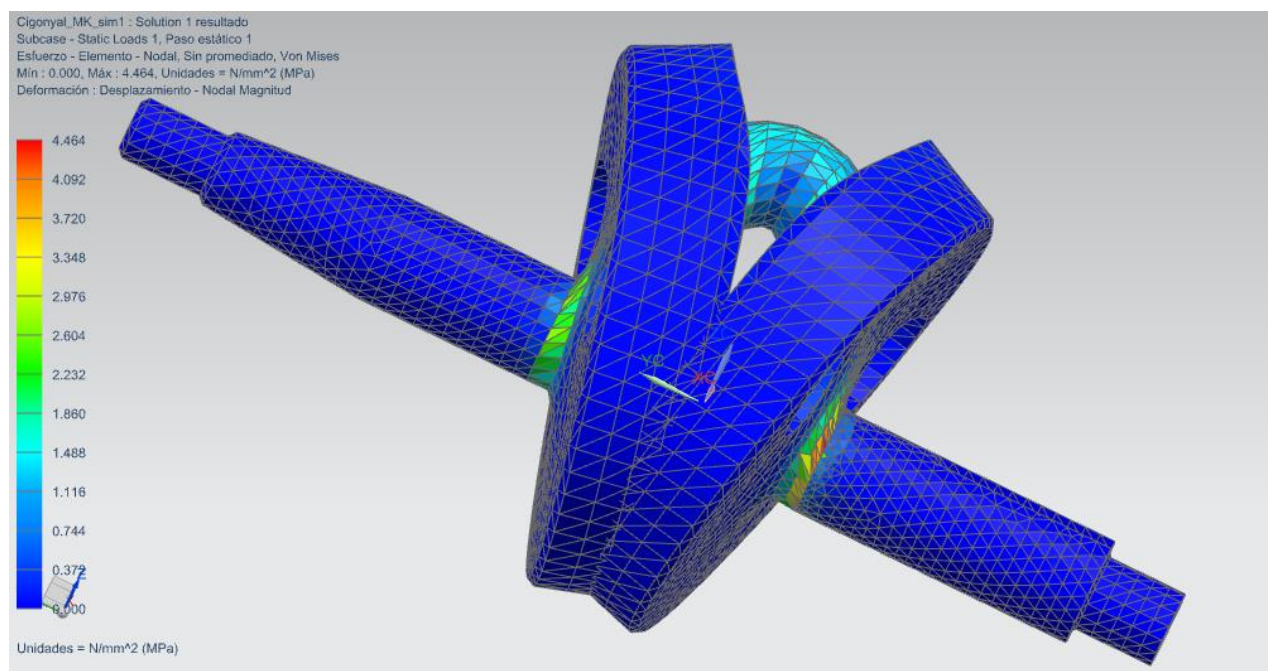


Figura 6.5. Esforç elemental – Von Mises resultant de la primera simulació del cigonyal.

La tensió de Von Mises es fa servir en enginyeria estructural per a garantir un bon disseny de components. La teoria de Von Mises diu que un material dúctil sofreix error elàstic quan l'energia de distorsió elàstica supera un cert valor. En altres paraules, per a assegurar la durabilitat del component cal que la màxima tensió de Von Mises no superi la tensió de límit elàstic del material (es deformaria la peça). En el nostre cas, el material del cigonyal és acer AISI 4340 amb un límit de mòdul elàstic de **210 GPa**.

La tensió màxima de Von Mises obtinguda a la simulació ha estat de **4,46 MPa**, tensió prou inferior a la tensió de límit elàstic de l'acer AISI 4340 utilitzat per a la simulació del cigonyal:

$$4,46 \text{ MPa} \ll 210000 \text{ MPa}.$$

Aquesta tensió màxima es localitza, com era d'esperar, a la unió dels eixos amb els laterals i a la unió d'aquests amb el boló central que els uneix.

6.3.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit sense modificar amb un mallat més precís

Per filar una mica més prim, s'ha considerat oportú realitzar la simulació del cigonyal amb un mallat prou més fi, amb una mida d'element d'1 mm. Això ens aportarà molta més precisió amb els resultats de la simulació.

En la Figura 6.6, es mostra el mallat del cigonyal amb mida d'element d'1 mm per a una simulació més precisa

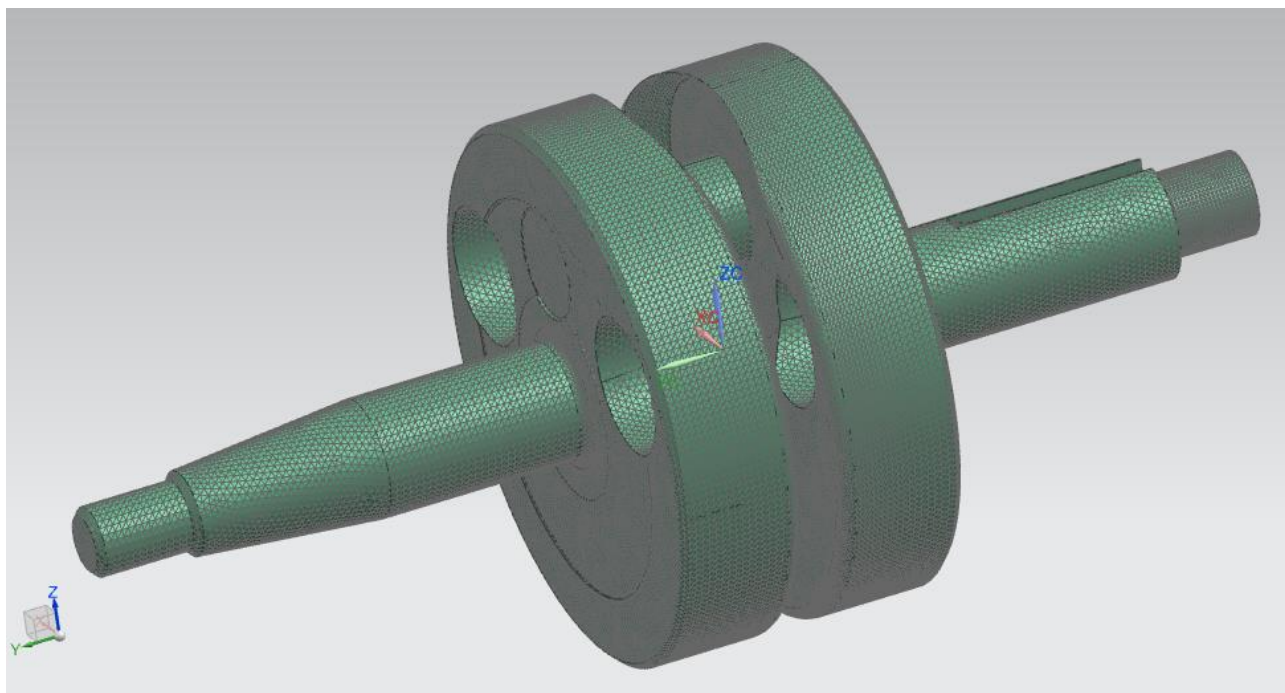


Figura 6.6. Mallat del cigonyal amb mida d'element d'1 mm per a una simulació més precisa.

I pel que fa a l'aplicació de la força (F) i les restriccions, s'han situat de la mateixa manera que a l'anterior simulació, segons es mostra en la Figura 6.7.

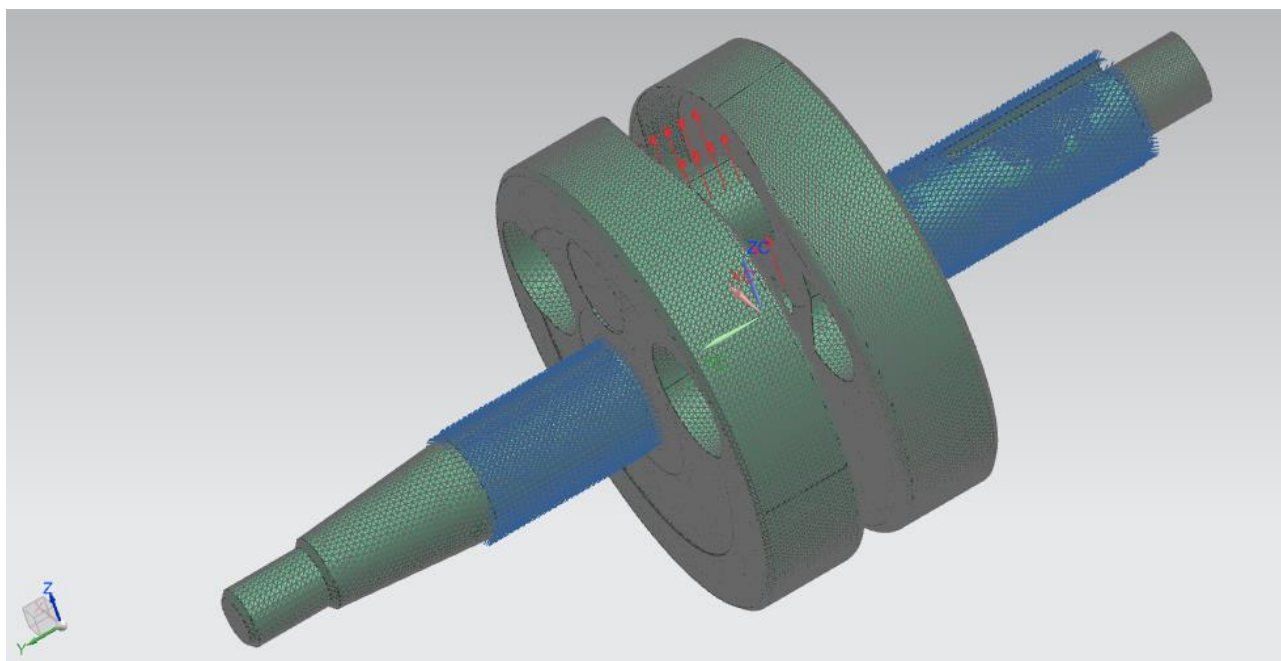


Figura 6.7. Aplicació de la força (F) i de les restriccions al cigonyal amb el mallat més fi.

Una vegada resolta aquesta simulació amb el mallat més fi s'han obtingut els següents resultats:

Desplaçament nodal – Magnitud

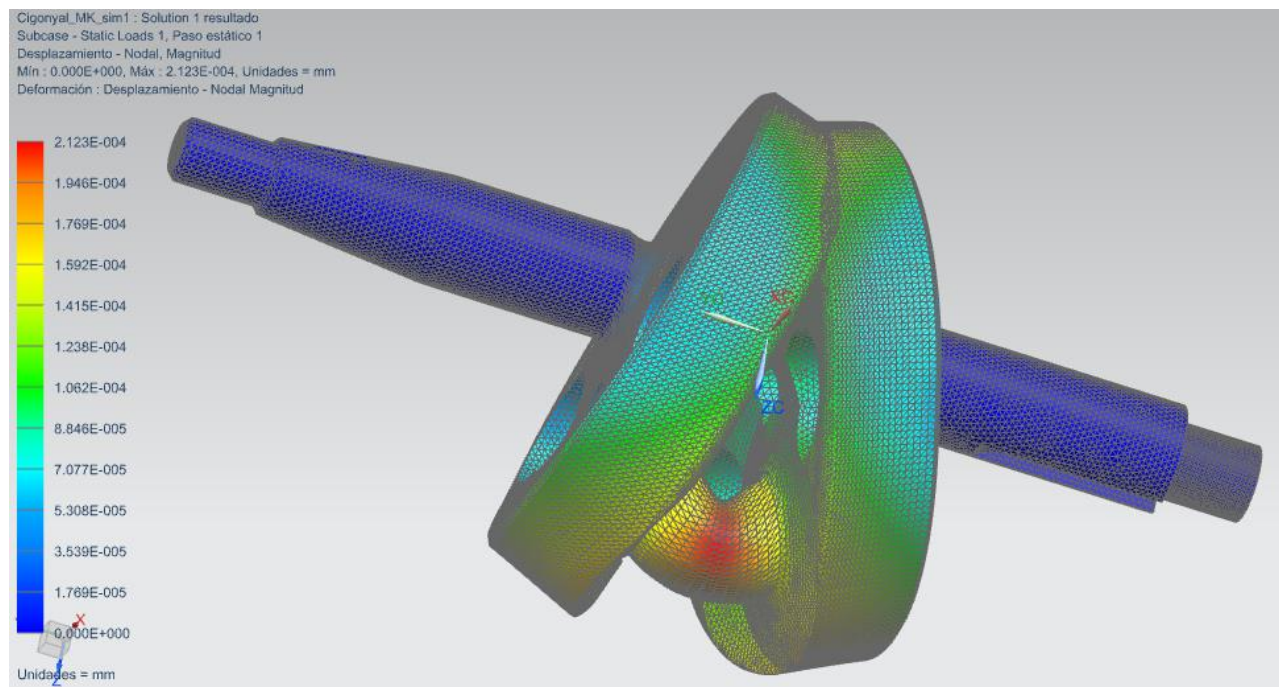


Figura 6.8. Desplaçament nodal resultant de la segona simulació amb un mallat més fi.

La màxima deformació obtinguda en la segona simulació ha estat de **$2,12 \times 10^{-4}$ mm**, la qual és una deformació màxima pràcticament igual que a la simulació anterior amb el mallat més gruller:

$$2,12 \times 10^{-4} \text{ mm} \approx 2,13 \times 10^{-4} \text{ mm}.$$

Esforç elemental – Von Mises

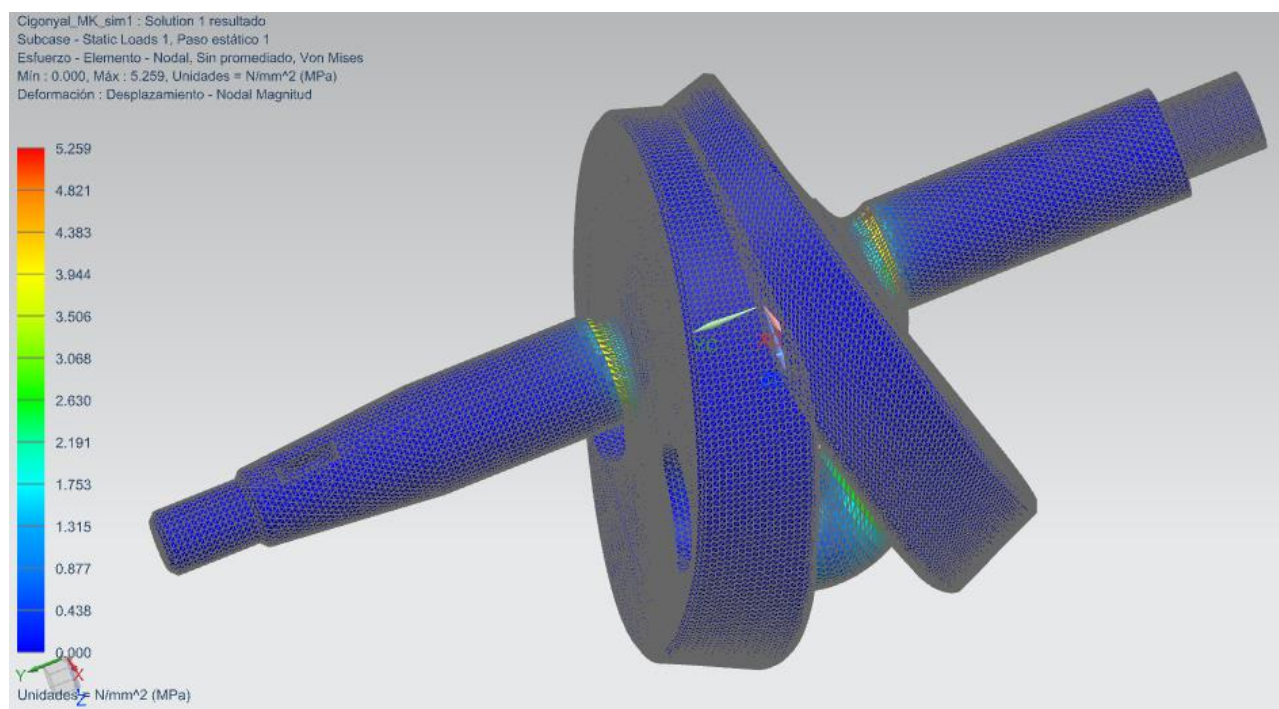


Figura 6.9. Esforç elemental – Von Mises resultant de la segona simulació del cigonyal amb el mallat més fi.

La màxima tensió de Von Mises obtinguda en la segona simulació ha sigut de **5,26 MPa**, una mica més elevada que la obtinguda a la simulació anterior: $5,26 \text{ MPa} > 4,46 \text{ MPa}$. Tot i així, segueix sent molt inferior a la tensió de límit elàstic de l'acer del cigonyal: $5,26 \text{ MPa} \ll 210000 \text{ MPa}$.

Per tant, és evident que el cigonyal Metra Kit sense modificar es capaç de treballar perfectament sense sofrir deformacions importants ni fallida en les condicions de treball del nostre motor, quan rep una força de $F = 292,67 \text{ N}$ degut a l'explosió de la mescla en la càmera de combustió del cilindre, i transmès fins a ell a través del cilindre i la biela.

6.4.- Anàlisi de tensions i deformacions del cigonyal Metra Kit planificat

Durant aquest estudi, al 2^{on} grup de modificacions, s'ha realitzat la planificació de 1,15 mm als laterals exteriors del cigonyal per a intentar alleugerir el seu pes i modificar així el comportament del motor. El resultat no va ser l'esperat, degut a no tenir en compte l'efecte que aquesta operació produïa al volum de la cambra de combustió del cigonyal (el qual va augmentar), fent perdre pressió de l'entrada de combustible al cilindre i la pèrdua de rendiment del motor que això comporta.

Tampoc es va aconseguir un alleugeriment notable del component ja que només es van rebaixar 24 g (de 1.319 g de la peça sense planificar), deixant el pes total del cigonyal planificat en 1.295 g, pràcticament el mateix pes que el cigonyal Minarelli original de sèrie: 1.289 g.

Tot i així, el cigonyal es va muntar al motor i aquest va funcionar gaire igual que el no planificat.

Per veure com ha afectat aquesta modificació al comportament de la peça modificada, s'ha realitzat un modelat del cigonyal Metra Kit planificat per a una tercera simulació.

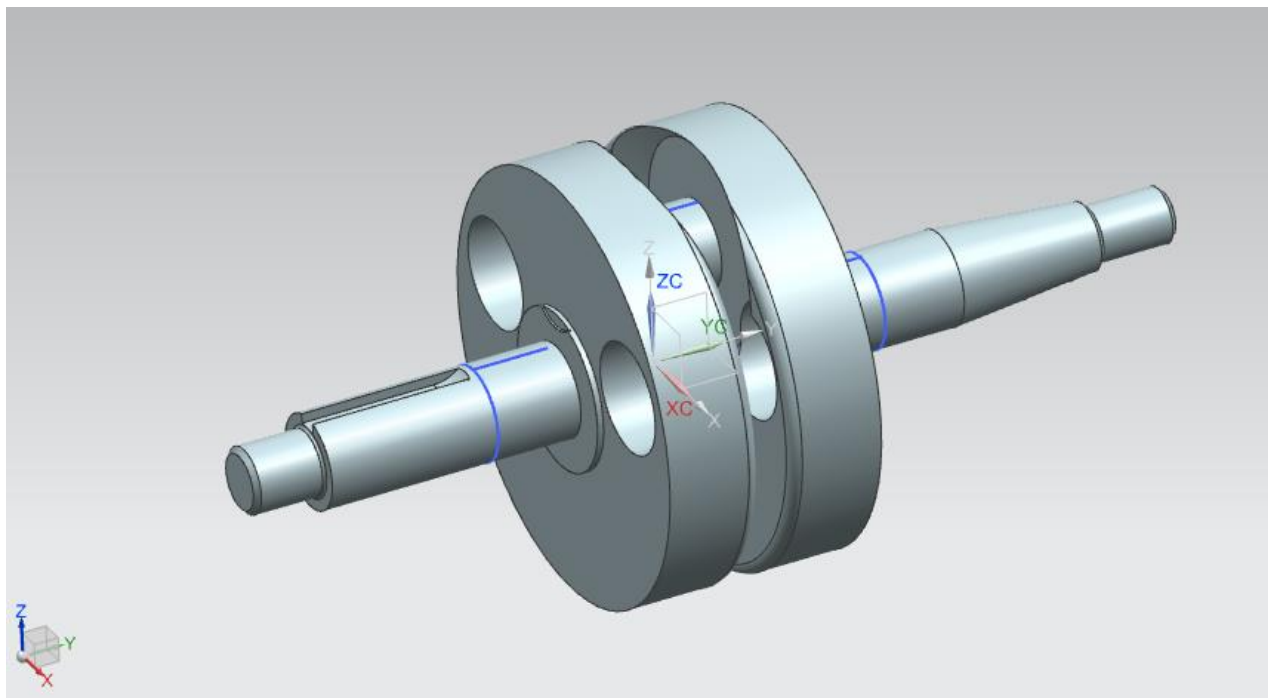


Figura 6.10. Modelat del cigonyal Metra Kit planificat 1,15 mm per la part exterior dels laterals.

Aquesta vegada s'ha simulat directament amb el mallat més fi possible que li permet realitzar l'ordinador de l'autor del TFG, amb la mateixa mida d'element que a la segona simulació del cigonyal sense modificar: 1 mm. En aquest cas, la força ($F = 292,67 \text{ N}$) i restriccions s'han aplicat de la mateixa manera que a les altres dues simulacions.

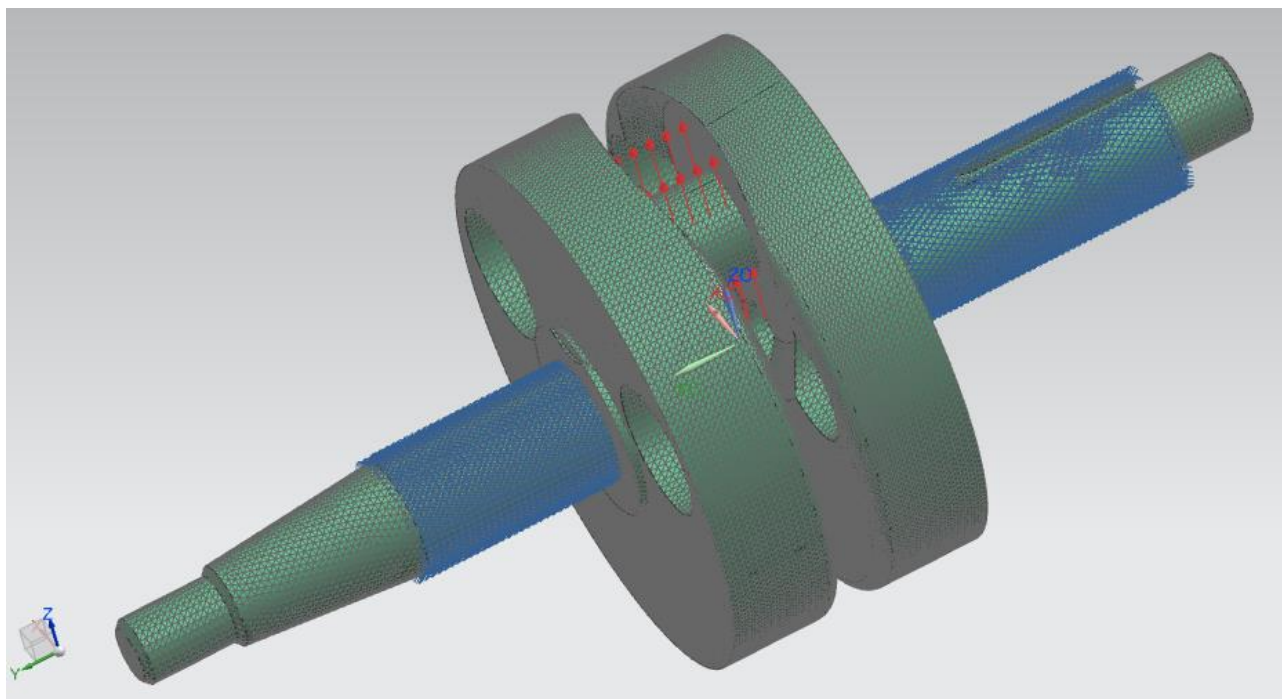


Figura 6.11. Mallat i aplicació de la força (F) i restriccions sobre el modelat del cigonyal planificat.

Una vegada resolta la simulació s'han obtingut els següents resultats:

Desplaçament nodal – Magnitud

En la Figura 6.12 es dóna el desplaçament nodal obtingut de la simulació del cigonyal planificat

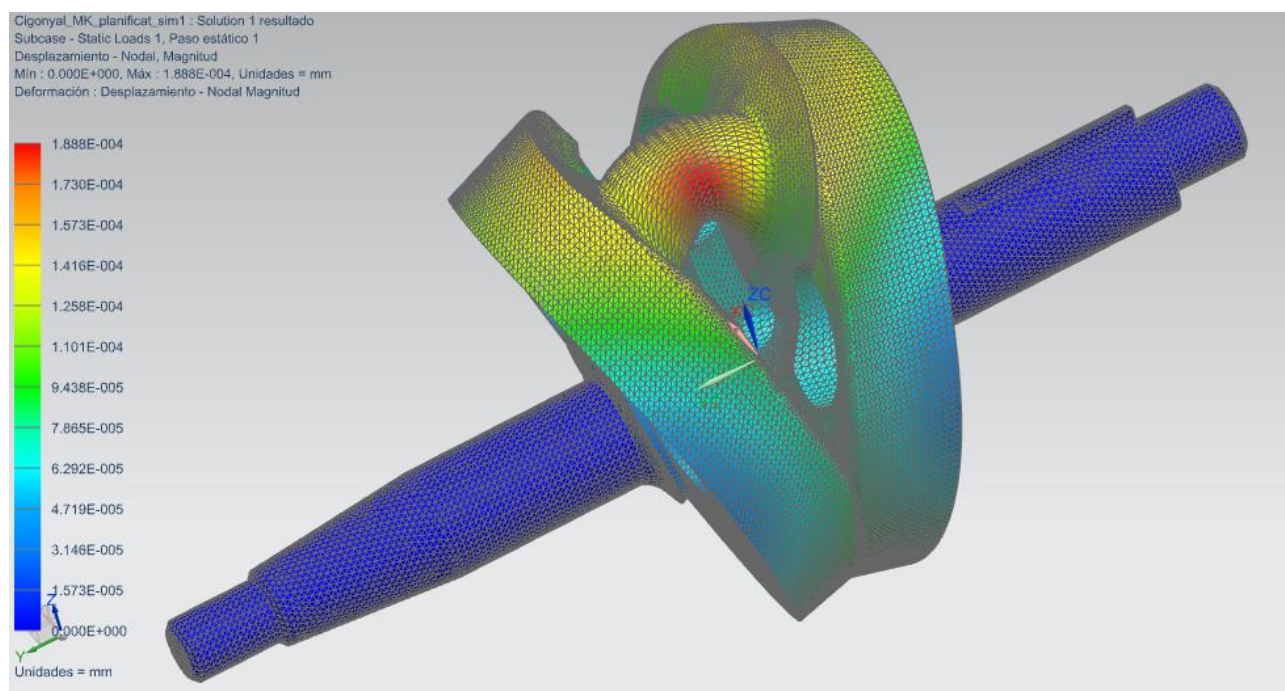


Figura 6.12. Desplaçament nodal obtingut de la simulació del cigonyal planificat.

La deformació màxima obtinguda de simular el funcionament del cigonyal Metra Kit planificat ha estat de $1,89 \times 10^{-4}$ mm, sorprenentment inferior a la deformació que sofria el cigonyal sense planificar: $1,89 \times 10^{-4}$ mm < $2,12 \times 10^{-4}$ mm. Aquesta deformació màxima també es localitza a la mateixa zona que en les simulacions anteriors, es a dir als laterals del boló que uneix les dues meitats del cigonyal.

Esforç elemental – Von Mises

En la Figura 6.13 es dona l'esforç elemental – Von Mises resultant de la simulació del cigonyal planificat.

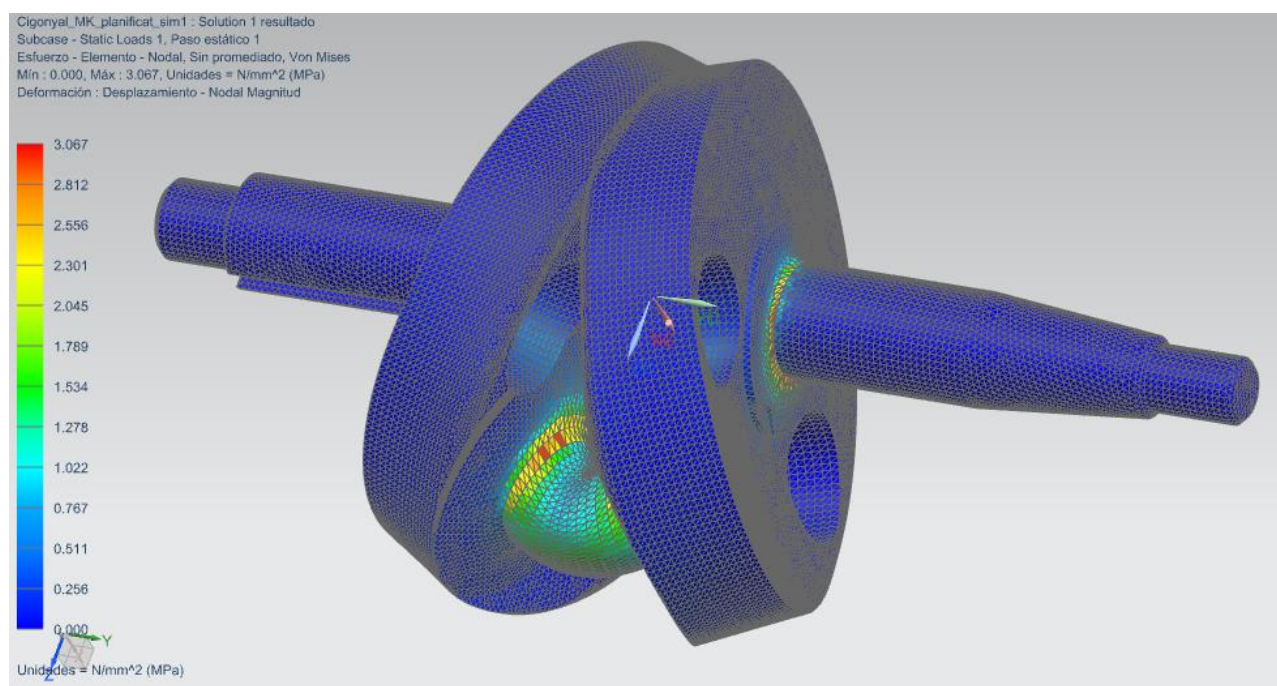


Figura 6.13. Esforç elemental – Von Mises resultant de la simulació del cigonyal planificat.

La màxima tensió de Von Mises obtinguda en aquesta tercera simulació ha estat de **3,07 MPa**, també inferior a l'obtinguda a la simulació del cigonyal sense modificar: 3,07 MPa < 5,26 MPa. Tot i així, segueix sent molt inferior a la tensió límit de mòdul elàstic de l'acer utilitzat:

$$3,07 \text{ MPa} \ll 210000 \text{ MPa}.$$

Les tensions màximes també es localitzen a la unió dels eixos amb els laterals del cigonyal i la d'aquests amb el boló central que els uneix. Tot i la disminució de la tensió màxima, si que s'observa com ha augmentat les tensions en la unió dels laterals del cigonyal i el boló central en referència a la simulació del cigonyal sense planificar.

S'ha comprovat amb aquesta tercera simulació la fiabilitat del cigonyal planificat, ja que també treballa perfectament al nostre motor sense sofrir deformacions importants ni fallida, tot i que a la pràctica ja s'havia demostrat.

7.- RESULTATS

7.- RESULTATS

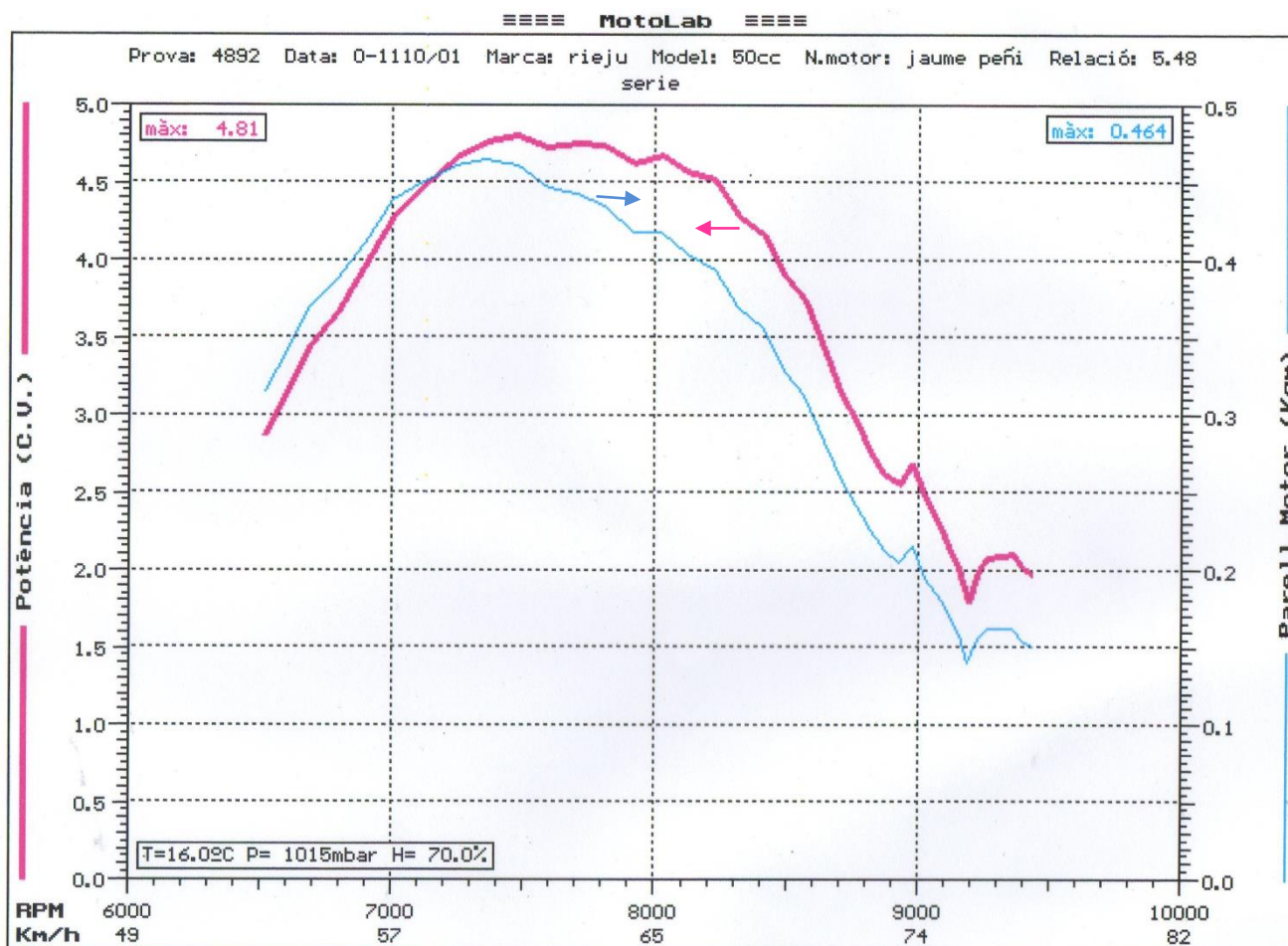
Després de realitzar les pujades de la motocicleta al banc de proves inercial, les conduccions pel circuit urbà per les proves de consum i les lectures d'emissions del motor AM6 de sèrie restaurat i de les seves respectives modificacions explicades en el Capítol 5 de la memòria, s'han obtingut els següents resultats d'aquest estudi.

7.1.- Motor de sèrie restaurat

Un cop restaurat el motor Minarelli AM6 de sèrie, posat a punt i muntat al xassís de la Rieju SM SPIKE del 2005, aquests són els seus paràmetres de funcionament inicials:

7.1.1.- Banc de proves

A partir de la Gràfica 7.1 obtinguda en el banc de proves, podem veure com el motor de sèrie restaurat ha tret una potència màxima de **4,81 CV o 3,54 kW a 7.400 rpm**, un parell motor màxim de **0,464 kgm o 4,55 Nm a 7.300 rpm** i una velocitat màxima de **82 km/h**.



Gràfica 7.1. Resultats de la 1ª pujada al banc de proves amb el motor reconstruït de sèrie.

La temperatura de la paret del cilindre al finalitzar la prova ha estat de **47 °C** i el màxim nivell sonor durant la mateixa ha estat de **107,3 dB**.

7.1.2.- Consum

Pel que fa a la prova de consum pel circuit urbà, els 200 mL de mescla (gasolina+oli) han donat per a poc més d'una volta, es a dir uns 5,2 km. Llavors amb 1 L de mescla es recorrien 26 km, el que significa que el consum amb el motor de sèrie restaurat és de **3,85 L/100 km**.

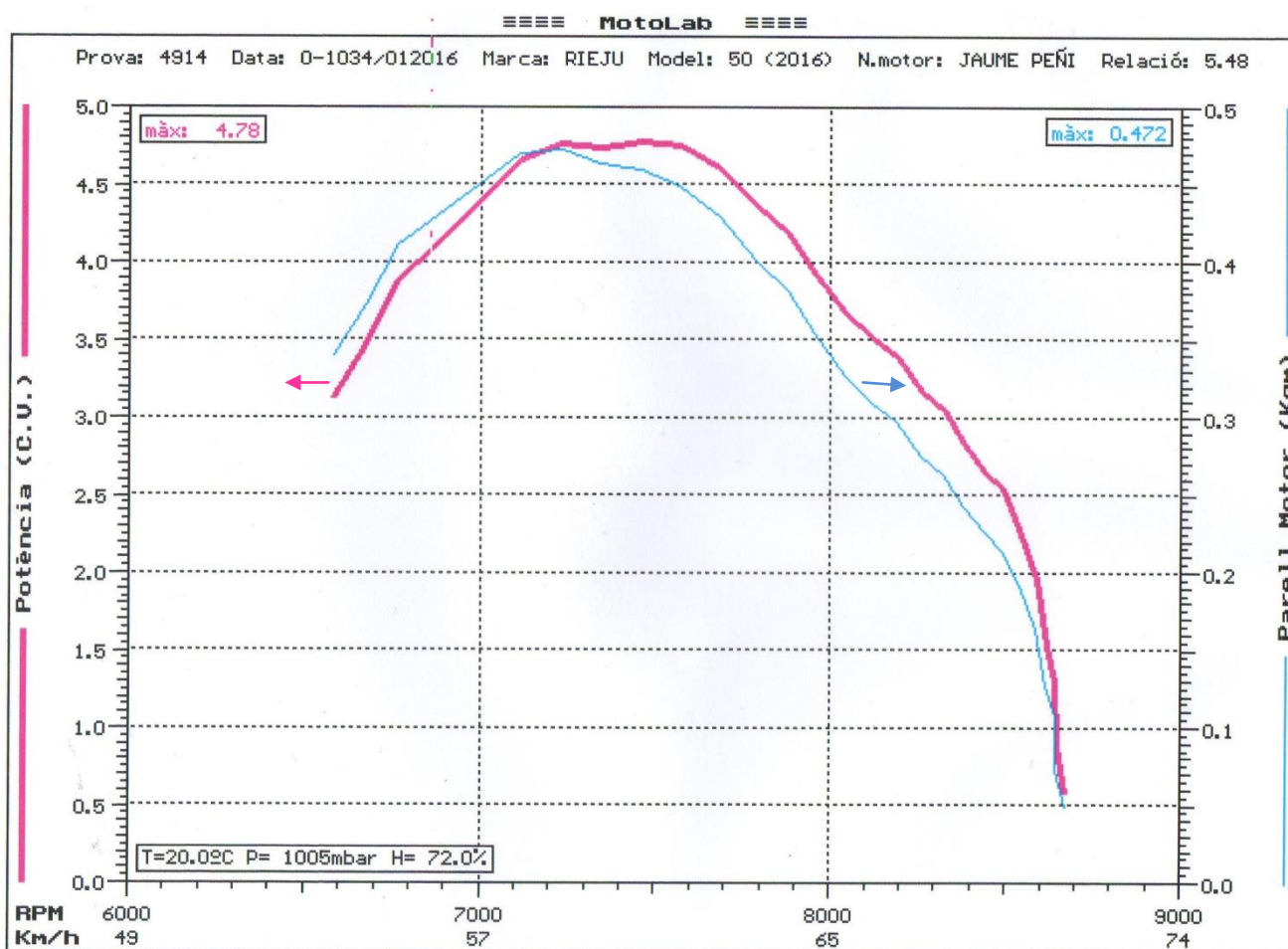
7.1.3.- Emissions

L'anàlisi dels gasos d'escapament han determinat un **2,55% en volum de CO** i **4.890 ppm d'HC**.

7.2.- Resultats de les modificacions del Grup 1

Un cop realitzat el poliment i esmolament de la biela, el poliment de la cambra de combustió de la culata, i el poliment de la cambra de combustió del càrter aquests han estat els resultats obtinguts:

7.2.1.- Banc de proves



Gràfica 7.2. Resultats de la 2ª pujada al banc de proves un cop realitzat el 1^{er} grup de modificacions.

A partir de la Gràfica 7.2 obtinguda en el banc de proves, podem veure com el motor ha tret una potència màxima de **4,78 CV o 3,52 kW a 7.450 rpm**, un parell motor màxim de **0,472 kgm o 4,63 Nm a 7200 rpm** i una velocitat màxima de **71,3 km/h**.

La temperatura de la paret del cilindre al finalitzar la prova ha estat de **53,4 °C** i el màxim nivell sonor durant la mateixa ha estat de **104 dB**. L'augment en la temperatura (6,4 °C més que la prova anterior) ha estat causat a un prova més exigent i llarga degut als problemes de carburació. I la disminució dels 3,3 dB de nivell sonor es degut al tall de revolucions per la mala carburació.

Al realitzar la prova al banc, el motor tallava a altes revolucions, limitant la pujada de voltes i la potència. Això ha estat degut a un petit canvi "obligat" al filtre d'aire. Després del muntatge del motor un cop realitzat el primer conjunt de modificacions, la tovera del filtre es va partir i la vaig haver de substituir per una altra que no era del tot igual. Aquesta segona tovera tenia forma de colze i era una mica més llarga que la utilitzada anteriorment. Degut a això la carburació era una mica pitjor i aquest es el motiu pel qual la potència màxima del motor era de 4,78 CV o 3,52 kW i no 4,81 CV o 3,54 kW com l'anterior prova al banc.



Fotografia 7.1. Tovera del filtre d'aire inicial trencada.



Fotografia 7.2. Tovera del filtre d'aire corba (esquerra) i tovera del filtre d'aire inicial trencada (dreta).

El Cisco i Manuel Galiano (els mecànics del taller) em van comentar que els efectes de primer conjunt de modificacions no afecten a la potència, que no m'havien dit res abans perquè em donés jo compte amb l'experiència i que ells havien perdut moltes hores amb motors fent el mateix. El fet de polir les parts que he polit el que si que fan és fer anar més suau el motor, més rodó, inclús disminuir el soroll i la vibració. I que la diferència amb els resultats d'aquesta prova al banc eren per la carburació.

El senyor Cisco Fumadó va ser campió d'Espanya de moto Cross i el tercer en prova de velocitat, i es mecànic de competició i mecànic des dels 16 anys. I el senyor Juan Manuel Galiano, propietari del taller, porta joves a competició quasi cada any, i també és mecànic de tota la vida no només de motos sinó també de cotxes, maquinaria agrícola, camions, ciclomotors,...

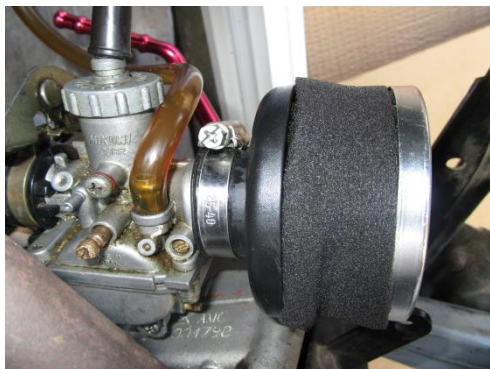
Només amb el comportament del motor al banc de proves ja van poder diagnosticar que el problema era la manca de gasolina o una entrada excessiva d'aire. De fet, van voler allargar la prova desmuntant el filtre i jugant a disminuir el caudal d'entrada d'aire amb la mà per demostrar com es podia obtenir un millor rendiment carburant millor la moto.

Al disminuir l'entrada d'aire amb la mà s'obtenia un valor de 5,46 CV o 4,01 kW.

Veient els resultats de reduir l'entrada d'aire, necessitava posar a punt el motor d'una manera més precisa a com ho havia fet fins ara, aprofitant que ara comptava amb millors eines (banc de proves) i l'ajut de dos mecànics professionals de competició.

7.2.2.- Proves amb carburació més ajustada

Vist els efectes de la carburació, i els consells dels mecànics de Galiano, vaig carburar millor el ciclomotor veient-me obligat a realitzar un seguit de canvis que farien augmentar el consum, però també la potència. El primer va ser cobrir l'esponja del filtre d'aire amb una altra esponja de 10 mm de gruix per minimitzar l'entrada d'aire. Tot seguit vaig canviar la tovera del filtre per una de més curta. I finalment, vaig canviar el xiclet d'altres per un de més gran (d'un 77,5 inicial a un 92).



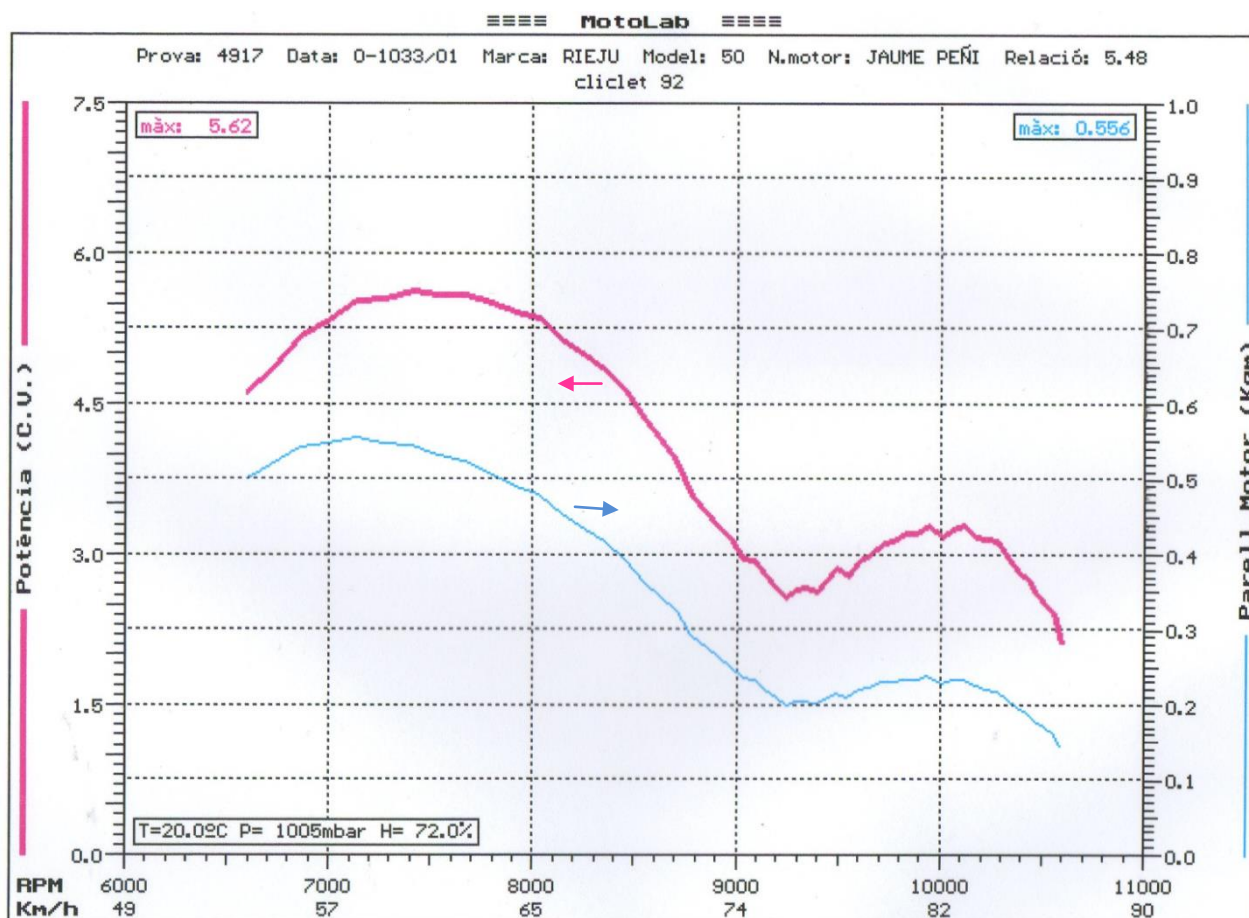
Fotografia 7.3. Filtre inicial modificat amb l'esponja de 10 mm i la tovera recta i curta.



Fotografia 7.4. Xiclet d'altres utilitzat en la carburació més precisa (92).

Aquests canvis no són a la lleugera, es realitzen segons respon el motor sobre pista, i efectivament la moto presentava un millor rendiment després d'aquestes modificacions.

Òbviament aquests canvis van augmentar el consum, però no tot es tan negatiu, ja que van reduir les emissions.



Gràfica 7.3. Resultats de la 3ª pujada al banc de proves amb la carburació més ajustada i el 1er grup de modificacions.

Com podem comprovar, segons ens mostra la Gràfica 7.3, ha millorat considerablement la corba de potència i de parell motor obtenint uns valors de potència màxima de **5,62 CV o 4,13 kW a 7.400 rpm**, un parell motor màxim de **0,556 kgm o 5,45 Nm a 7100 rpm** i una velocitat màxima de **86,97 km/h**.

Aquesta gràfica la considerarem de referència per a comparar amb la resta, ja que s'ha realitzat amb el motor pràcticament a punt i sense modificacions que afectin als paràmetres estudi.

7.2.3.- Consum

Amb la carburació més ajustada però un xiclet de baixes més gran, s'ha pogut comprovar un notable augment pel que fa al consum, ja que amb els 200 mL de mescla (gasolina+oli) només han donat per a uns 3,37 km (menys d'una volta sencera). Llavors per 1 L de mescla es recorreria 16,85 km, el que significa que el consum del motor és de **5,93L/100 km**, es a dir un **54,03% més** que amb la carburació anterior.

7.2.4.- Emissions

La prova dels gasos d'escapament han determinat un **2,60% en volum de CO** i **4.900 ppm HC**. Encara que s'hagi ajustat prou més la carburació, els nivells de CO i les ppm HC han donat pràcticament iguals.

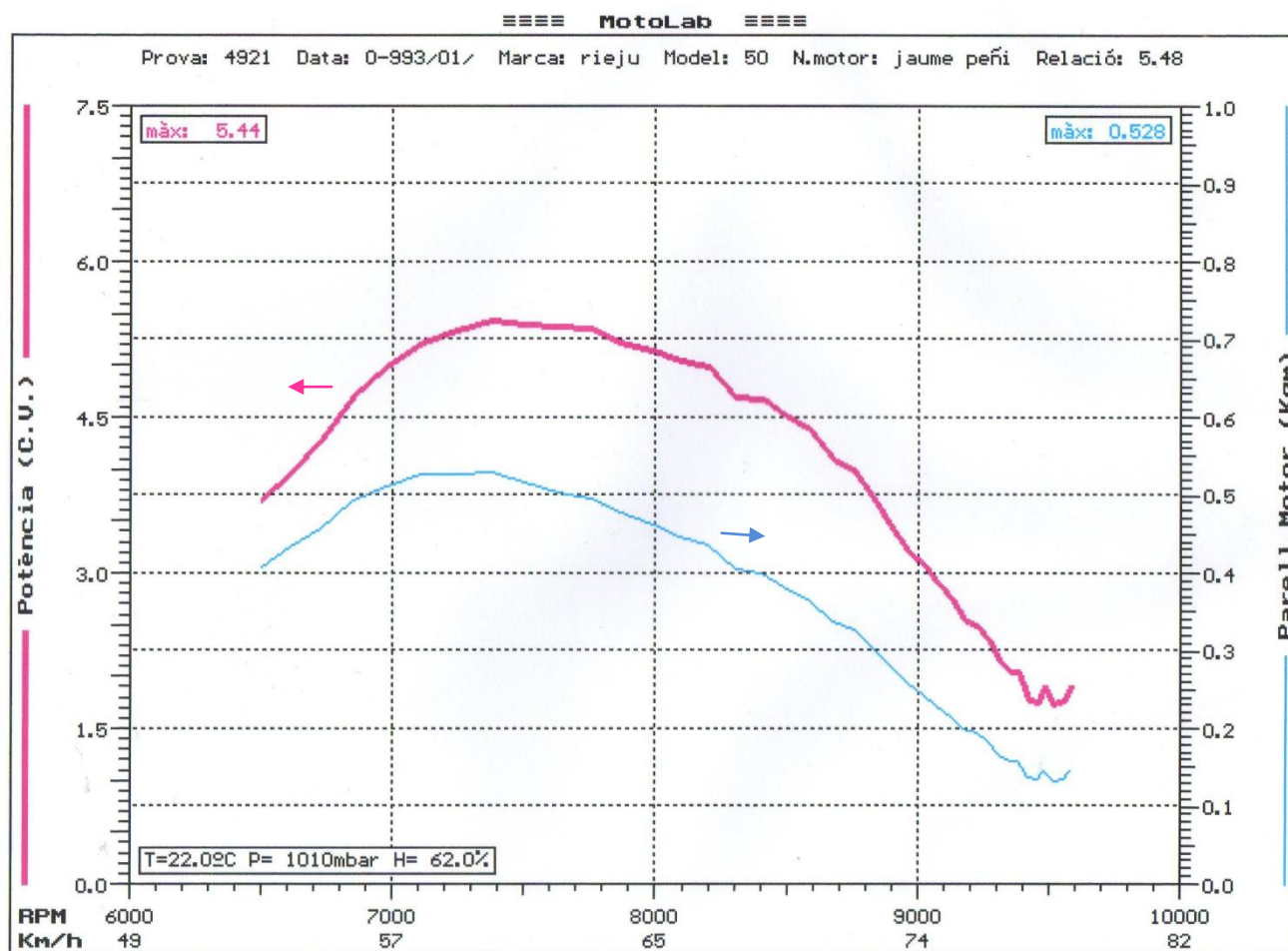
7.3.- Resultats de les modificacions del Grup 2

Com ja s'ha explicat en l'Apartat 5.2, aquest grup de modificacions no ha resultat com s'esperava. Llavors, respecte a l'anterior grup de modificacions, només s'ha modificat el cigonyal, rebaixant-lo 1,15 mm per cada lateral i taponant els forats de l'equilibrat amb tefló.

7.3.1.- Banc de proves

L'efecte de rebaixar el pes del cigonyal planificant els laterals 1,15 mm ha resultat contraproductiu. Abans de realitzar la prova al banc el senyor Cisco em va preguntar que li havia fet, i al dir-li com havia rebaixat el cigonyal ja em va dir que hauria perdut potència. Em va explicar que el pes que havia tret era insignificant i en canvi l'efecte de fer més gran la cambra de combustió del càrter provoca una pèrdua de compressió a la cambra i fa que el combustible perdi velocitat d'entrada al cilindre. Va comentar també que una de les millores que es fa en competició és la reducció de l'espai entre el càrter i el cigonyal per augmentar la compressió i la potència. Efectivament, un cop més, no s'equivocava. Tot i que la pèrdua en potència i parell es podria considerar menyspreable, si que es nota una pèrdua important en quan a la velocitat màxima. El Juan Galiano em va explicar que el fet de tancar els forats del cigonyal disminueix considerablement les turbulències de la mescla dins la cambra i millora el rendiment del motor. El que es fa per a reduir de pes un cigonyal correctament és perforar-lo per la part superior, la propera a l'allotjament del boló que uneix amb la biela, taponar els forats i equilibrar el cigonyal. Es rebaixa per la part superior per assegurar una bona inèrcia, ja que aquesta provoca que quan el pistó pugi ho faci amb més força, creant una major compressió, i quan baixa generi una major depressió. Els forats es taponen per evitar turbulències de la mescla dins la cambra, i el conjunt s'equilibra per evitar la fatiga o possible ruptura dels eixos o càrter.

Tot i no saber el perquè exactament s'havia de fer així per a rebaixar un cigonyal, jo ho sabia abans de fer-ho però degut al cost de l'operació ni em vaig plantejar dur a terme aquesta modificació. Segons Juan Galiano, em costaria fàcilment més de 500€. No obstant, vaig voler provar quin era l'efecte de rebaixar el cigonyal pels laterals.



Gràfica 7.4. Resultats 4ª pujada al banc de proves amb el cigonyal planificat 1,15 mm per costat.

A partir de la Gràfica 7.4 obtinguda en el banc de proves podem veure com el motor Minarelli AM6 ha tret una potència màxima de **5,44 CV o 4 kW a 7.400 rpm** (0,18 CV o 0,13 kW menys que amb el cigonyal sense rebaixar), un parell motor màxim de **0,528 kgm o 5,17 Nm a 7300 rpm** (0,028 kgm o 0,27 Nm menys) i una velocitat màxima de **78,8 km/h** (8,17 km/h menys).

La temperatura de la paret del cilindre al finalitzar la prova ha estat de **55,3 °C**, la temperatura més alta en proves al banc de la Riejú fins ara, i el màxim nivell sonor durant la mateixa ha estat de **107,8 dB**, també el més alt en proves al banc fins ara.

7.3.2.- Consum

Els resultats a la prova de circuit per estimar el consum han estat exactament iguals als obtinguts abans de realitzar aquest grup de modificacions: **5,93L/100 km**. Durant la prova el ciclomotor es va parar per falta de combustible exactament al mateix lloc que a la prova anterior. S'ha perdut velocitat punta, una mica de potència i una mica de parell motor, però el consum s'ha mantingut. Unes modificacions molt contraproductes, sens dubte...

7.3.3.- Emissions

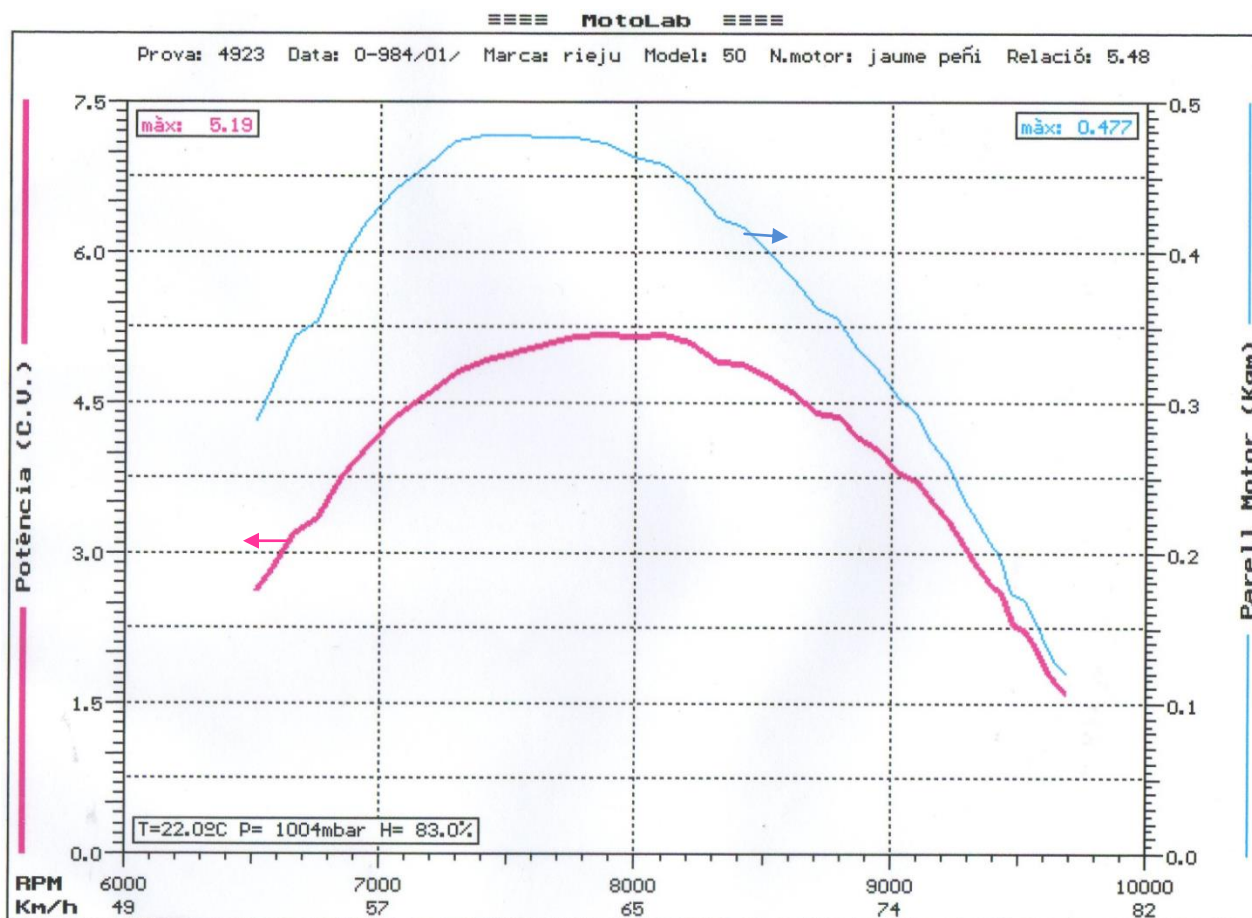
En quant a les emissions, la prova dels gasos d'escapament han determinat un **4,03% en volum de CO** (un **55% més !!**) i **5.930 ppm HC** (**1030 ppm o un 21% més !!**). No s'ha millorat el rendiment del motor amb la realització d'aquest grup de modificacions però si ha empitjorat significativament el nivell d'emissions de gasos contaminants. Això és degut a haver empitjorat la combustió de combustible disminuint la pressió d'entrada de la mescla i, per tant, el cabal que es crema en cada cicle dins la cambra de combustió.

7.4.- Resultats de les modificacions del Grup 3

La intenció de l'alleugeriment del motor es guanyar acceleració i reduir una mica el consum. Però ja veurem si el motor reacciona de la forma esperada ...

7.4.1.- Banc de proves

Per mitjà del banc de proves s'ha obtingut la corba parell/potència en funció del nombre de revolucions (Gràfica 7.5) on podem llegir una potència màxima de **5,19 CV o 3,82 kW a 8.100 rpm** (0,43 CV o 0,32 kW menys que amb el motor de sèrie !!), un parell motor màxim de **0,477 kgm o 4,67 Nm** (0,079 kgm o 0,77 Nm menys que amb el motor sense modificar) i una velocitat màxima de **79,53 km/h** (7,44 km/h menys que amb el motor de sèrie). També ha perdut potència i parell respecte a la prova amb el 3^{er} grup de modificacions (0,25 CV o 0,18 kW menys i 0,051 kgm o 0,5 Nm menys, respectivament), però ha guanyat velocitat punta (0,73 km/h més), tot i que prou insignificant.



Gràfica 7.5. Resultats de la 5ª pujada al banc de proves amb el 3^{er} grup de modificacions realitzat.

El resultat d'aquest grup de modificacions també ha resultat contraproductiu, tot i que ni tan sols Galiano ha sigut capaç d'explicar-ho. Ha explicat que els forats al pistó ells els fan algun que altre cop per a alleugerir-lo, no per a augmentar la retenció d'oli, tot i que no es mala idea i, per la mida dels forats realitzats, no hauria d'afectar per a res a la potència. Pel que fa a la reducció del contrapès, ha explicat que una vegada van muntar un motor Minarelli AM6 sense el contrapès i es notava una major vibració però no alterava la corba de potència. Per tant, per molt que hagués minimitzat la inèrcia del contrapès i l'efecte equilibrant que aquest causa sobre el motor, no es motiu per perdre (ni guanyar) potència. Es podria dir llavors que la pèrdua de potència es deguda a la reducció de pes del rotor? Tampoc ho veia normal Galiano, el normal en reduir una mica de pes el rotor es alterar una mica la forma de la corba però no perdre potència.

Segons els mecànics de Galiano, aquests motors són molt més complexos del que sembla i estan molt equilibrats. El fet de rebaixar de pes aleatòriament una peça i no totes les altres que estan en concordança fa que quedi un motor descompensat i perdi potència. I que el fet d'haver realitzat totes aquestes modificacions amb l'escapament de sèrie fa que el motor estigui molt limitat, ja que és un escapament amb catalitzador (normativa EURO 2).

No obstant, no va ser fins el moment abans de marxar cap a Sant Rafael per pujar la Rieju al banc de proves per obtenir la corba del motor amb l'últim grup de modificacions quan em vaig adonar d'un comportament estrany de la bugia. La vaig desmuntar per a que no em molestés durant el muntatge dels tubs del nou circuit de refrigeració i meva va ser la sorpresa quan em vaig adonar que la part ceràmica (la superior blanca) juntament amb l'elèctrode central giraven lliurement sobre l'eix central. Òbviament no era un comportament normal. La bugia funcionava però per culpa d'aquest lliure moviment rotatori, el motor perdia una mica de potència a altes revolucions. Galiano comparteix la meua idea que ***aquest es possiblement el principal motiu de la pèrdua de potència i parell, i no el conjunt de modificacions realitzades.***

La màxima temperatura a la paret del cilindre durant la prova ha estat de **53 C°**, similar a l'obtinguda durant la prova anterior (55,3 C°), i el màxim nivell sonor registrat ha sigut de **108,9 dB**, una mica més alt que a l'anterior, (1,1 dB més).

7.4.2.- Consum

Vista la pèrdua de potència i parell era d'esperar també un augment en el consum. Un cop realitzada la prova pel circuit s'ha obtingut un consum de **6,04 L/100 km**. El consum ha augmentat en 0,11 L/100 km (un 1,86 % més) respecte a l'anterior grup de modificacions i al motor de sèrie.

Aquesta prova es va fer amb la bugia malmesa i això pot haver afectar al consum.

7.4.3.- Emissions

L'anàlisi dels gasos d'escapament ha determinat un **3,8% en volum de CO**, un 5,71% menys que a l'anterior prova però un 46% més respecte al motor de sèrie; i un 75% més que amb el motor de sèrie !!; i **5620 ppm d'HC**, un 5,52% menys que a la prova anterior i un 14,69% més que amb el motor de sèrie.

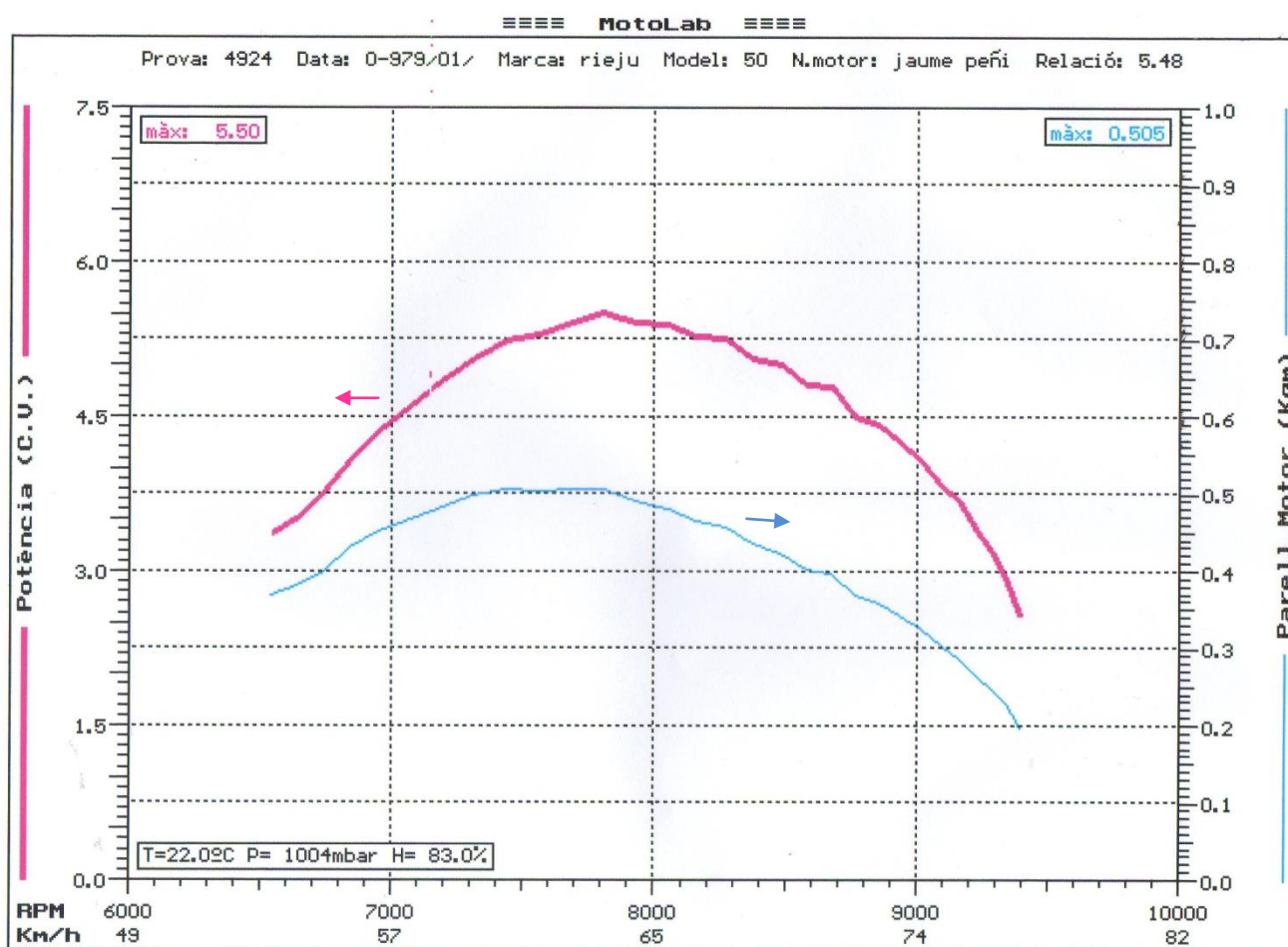
La prova d'emissions també es va dur a terme amb la bugia "tocada", i també ha pogut influenciar prou en els resultats !!!

7.5.- Resultats de les modificacions del Grup 4

Muntat el segon radiador i el corresponent circuit refrigerant, s'espera una pujada de consum degut a que la bomba d'aigua ha de moure 0,5 L més de fluid anticongelant/refrigerant. També s'ha solucionat el problema de la bugia, canviant-la per una de les mateixes característiques però nova, amb el que hauríem d'obtenir unes millors lectures de potència i parell motor respecte a les obtingudes al 3^{er} grup de modificacions (a l'alleugeriment de pes del rotor sobre tot).

7.5.1.- Banc de proves

La última prova al banc amb la Rieju amb totes les modificacions realitzades ha determinat, segons es mostra en la Gràfica 7.6, una potència màxima de **5,5 CV o 4,05 kW a 7.850 rpm**, un parell motor màxim de **0,505 kgm o 4,95 Nm a 7700 rpm** i una velocitat màxima de **77,21 km/h**.



Gràfica 7.6. Resultats de la 6ª pujada al banc de proves amb tots els grups de modificacions realitzats.

El fet de canviar la bugia de l'elèctrode central solt per una de nova ha fet que la potència màxima augmentés 0,31 CV o 0,23 kW i el parell motor màxim 0,028 kgm o 0,27 Nm. Amb això queda clar que la pèrdua d'aquestes prestacions a la prova anterior era deguda a l'estat de la bugia i no a les modificacions realitzades.

La velocitat màxima ha disminuït uns 2,32 km (un 2,92% menys) respecte a l'anterior grup de modificacions, degut a que hem augmentat la resistència de la turbina de la bomba d'aigua per l'augment de la capacitat de 0,5L de fluid refrigerant al circuit.

I també s'observa com el fet de rebaixar de pes el rotor un 6,84% ha fet que el motor guanyi 0,06 CV o 0,04 kW de potència màxima, un 1,1%, però perdi 0,023 kgm o 0,23 Nm de parell motor màxim (un 4,36%) i agafi una velocitat punta 1,59 km/h menor (un 2,02% menys).

Seria molt interessant veure l'efecte de l'alleugeriment de pes del rotor sense la modificació del contrapès, per veure l'efecte de la inèrcia d'aquest sobre el comportament. Malauradament l'abast d'aquest projecte ha deixat pendents molts experiments interessants per manca de temps i pressupost.

7.5.2.- Consum

Durant la prova pel circuit urbà preestablert per a determinar el consum aproximat el ciclomotor es va parar abans que mai. Amb els 200 mL de gasolina es van recórrer 3,22 km, donant un consum de **6,21 L/100 km, un 4,72% més que amb el motor de sèrie**. Era d'esperar que a l'incrementar la resistència d'un dels elements que mou el cigonyal (la turbina de la bomba d'aigua ha de moure quasi el doble de fluid refrigerant) afectés al consum de combustible d'aquesta manera. A l'igual que passa a l'automoció, com més accessoris ha de moure la corretja d'accessoris (compressor d'aire condicionat, servo bomba, alternador,...), major és el consum.

7.5.3.- Emissions

I l'últim control dels gasos d'escapament han donat unes emissions de **3,7% en volum de CO**, el 2,63% menys que amb la bugia en mal estat i que sense el segon radiador muntat; i **5.590 ppm d'HC**, pràcticament igual que a l'anterior lectura.

Amb totes les modificacions realitzades, respecte al motor restaurat de sèrie, les emissions de CO han augmentat un 42,31% i els ppm d'HC un 14,08%.

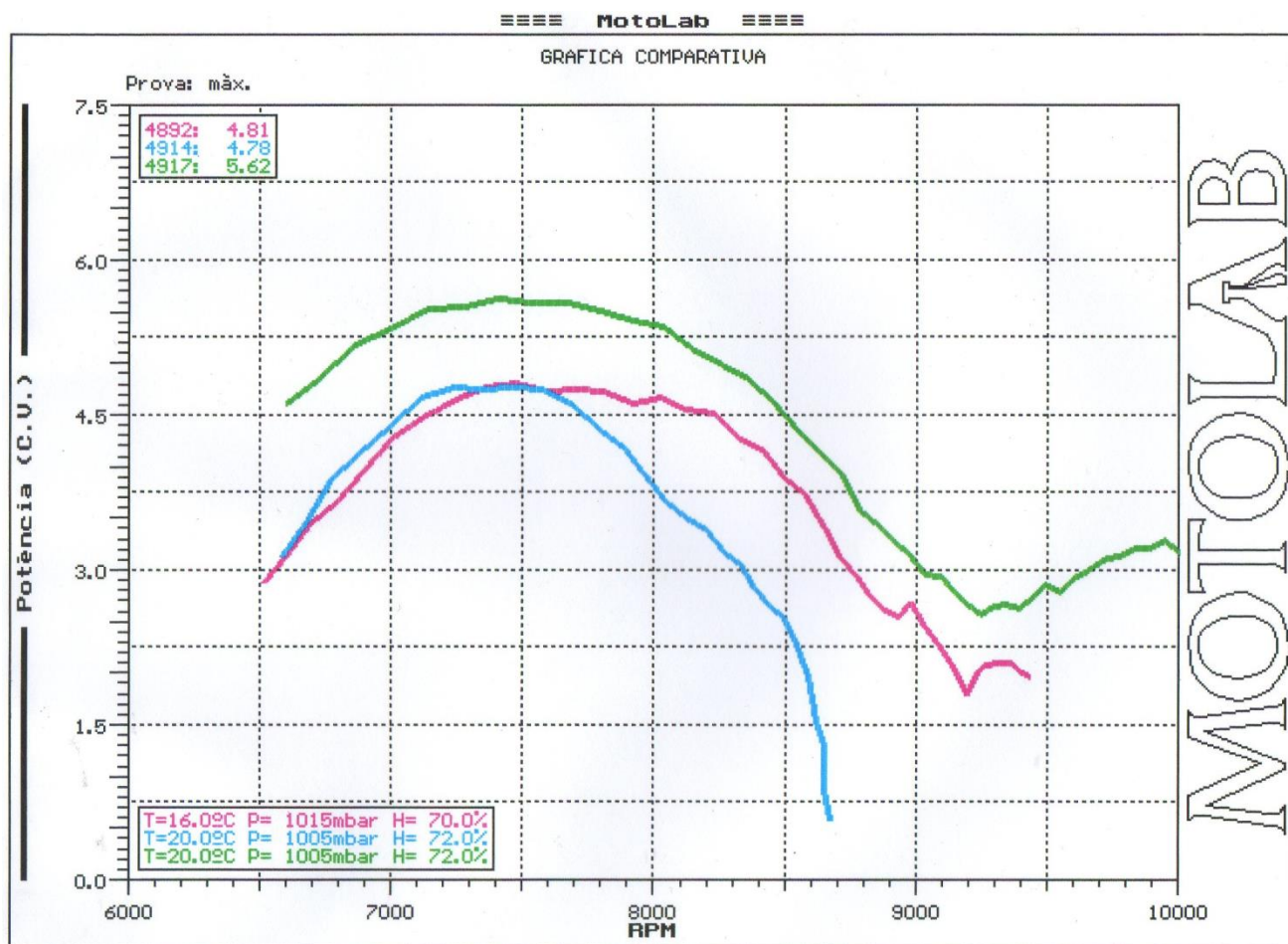
7.6.- Comparació de gràfiques

Degut a la diferència de carburació entre la segona prova al banc de rodets i la terceraa, i que el primer grup de modificacions no afecta a la potència (segons els coneixements dels mecànics experts de Galiano), per poder valorar millor la resta de modificacions i comprovar els seus efectes sobre les prestacions del motor, agafem com a referència inicial els valors i gràfica obtinguts després de realitzar totes les mesures de paràmetres del motor amb el primer conjunt de modificacions (Gràfica 7.3).

Per a apreciar millor la diferència de comportament de les corbes de potència del motor un cop realitzat cada grup de modificacions i els canvis més significatius, ja que el programa Motolab ens ho permet, es mostren a continuació una sèrie de gràfiques comparatives amb els resultats de les proves que s'han dut a terme.

En primer lloc és interessant comparar les corbes de les tres primeres pujades al banc de proves per observar com afecta a la potència una correcta carburació. Ja que el primer grup de modificacions (poliment de la cambra de combustió del càrter, poliment de la cambra de combustió de la culata i esmolament dels cantons de la biela) no afecta als paràmetres que mesura el banc de proves, la diferència de potència es deguda única i exclusivament a la carburació. La corba vermella 4892 de la Gràfica 7.7 representa al motor de sèrie reconstruït, la corba blava 4914 és del motor amb el 1^{er}

grup de modificacions però mal carburat, i la corba verda 4917 pertany a la prova del motor amb el 1^{er} grup de modificacions amb una carburació més ajustada.

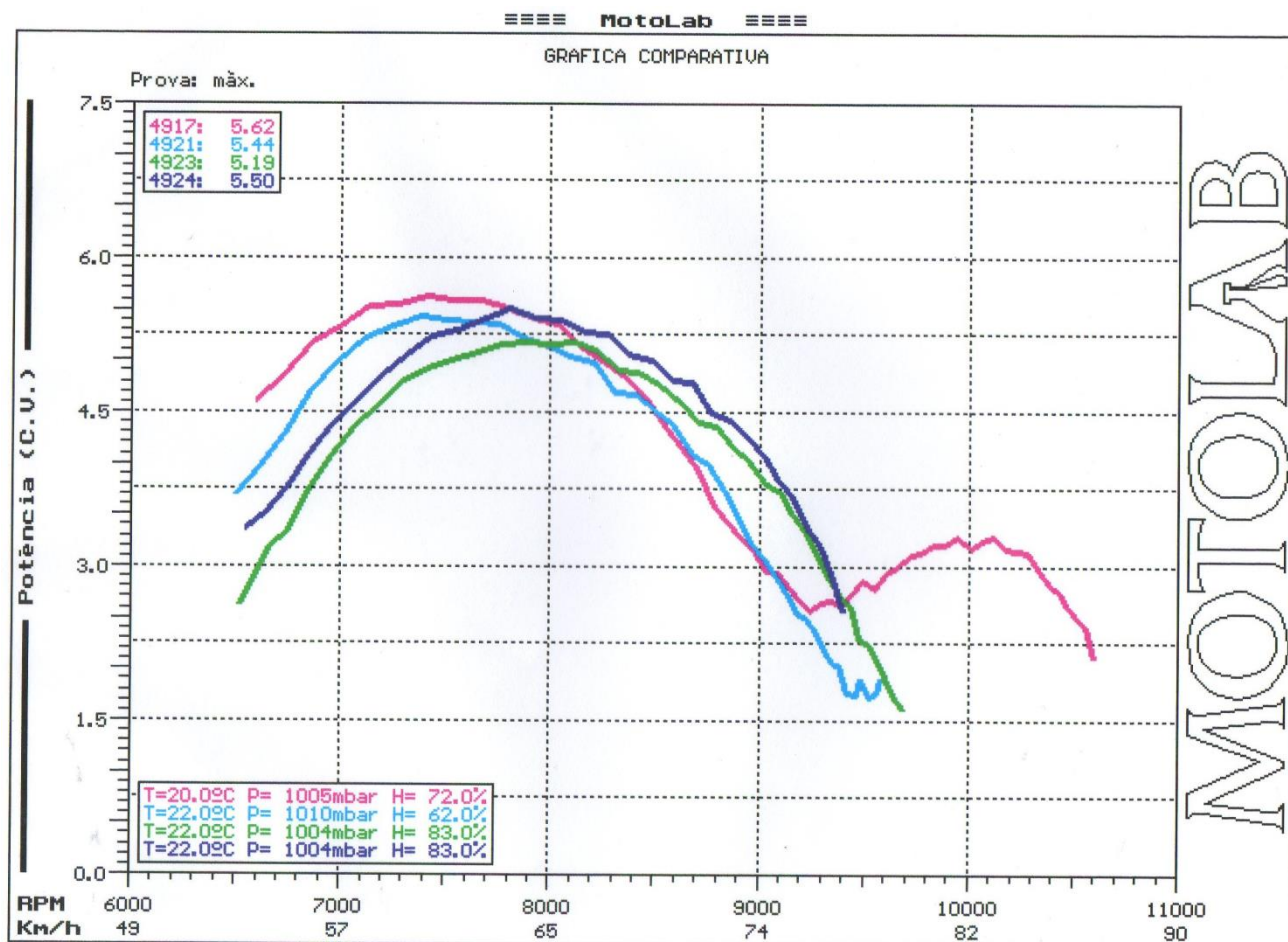


Gràfica 7.7. Gràfica comparativa de les corbes de potència del motor de les 3 primeres pujades al banc de proves.

Com es pot observar, la diferència en la carburació de fer entrar una mica més d'aire al motor empobrint la mescla (tovera més gran degut al trencament de la feta servir al principi), produeix una pèrdua de potència, 0,03 CV o 0,02 kW en aquest cas, i que la caiguda de potència esdevingui a menys revolucions. També desapareix la petita remuntada de potència a altes revolucions característica de les corbes dels motors de 2 temps (corbes blava i vermella). I amb una carburació molt més ajustada (corba verda) podem observar com millora considerablement la potència, fins a 0,84 CV o 0,62 Nm més en aquest cas, i la corba agafa una forma més aproximada a la teòricament perfecta dels motors de 2T, amb una visible recuperació de potència a altes revolucions.

Encara que no es mostri la gràfica de les corbes comparatives dels parells motors de les tres primeres pujades al banc de proves, el que s'observa és que el parell motor amb el motor mal carburat (corba blava) és una mica superior al parell motor del motor restaurat de sèrie sense els poliments (corba vermella), 0,008 kgm o 0,08 Nm més. No obstant, al carburar millor el motor (corba verda), el parell motor també puja considerablement: 0,092 kgm o 0,90 Nm més que amb el motor mal carburat (corba blava).

En la Gràfica 7.8 es mostra la comparativa entre els resultats dels 4 grups de modificacions.



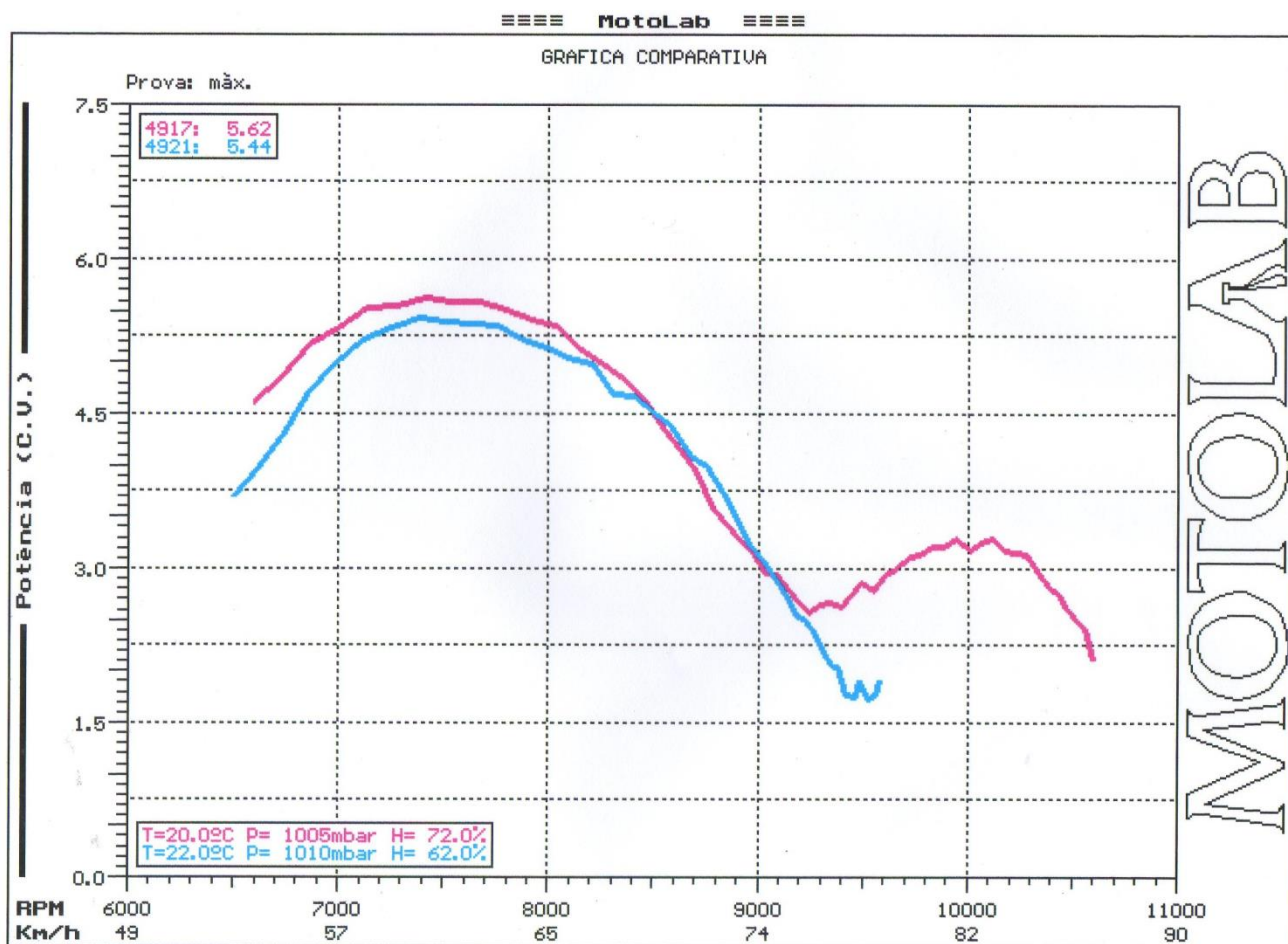
Gràfica 7.8. Gràfica comparativa de les corbes de potència del motor dels 4 grups de modificacions.

En aquesta Gràfica 7.8 es compara les corbes resultants de les pujades de la Rieju al banc de proves després de la realització de cada grup de modificacions. La corba vermella (4917) és la corresponent al motor de sèrie restaurat amb el 1^{er} grup de modificacions i una carburació ajustada, la corba blau clar (4921) representa al motor amb el cigonyal planificat, la corba verda (4923) és el comportament del motor amb el 3^{er} grup de modificacions però amb la bugia deficient, i la corba blau fosc (4924) correspon al motor amb el 4^{rt} grup de modificacions. D'aquesta forma podem apreciar com s'ha perdut potència amb el 2^{on} grup de modificacions i la bugia en mal estat (corba verda), i com s'ha recuperat potència degut al 3^{er} grup de modificacions (sobretot per la reducció de pes del rotor) i la utilització d'una bugia en bon estat.

El mateix passa amb la comparativa de corbes del parell motor (encara que no es mostri en aquest apartat de la memòria), el parell motor es recupera amb el 3^{er} grup de modificacions (per l'alleugeriment del rotor).

També és important veure que un cop realitzades les modificacions no s'arriba a tantes revolucions com amb el motor de sèrie.

La Gràfica 7.9 és una gràfica comparativa entre les corbes de potència del motor de sèrie restaurat i el 2^{on} grup de modificacions

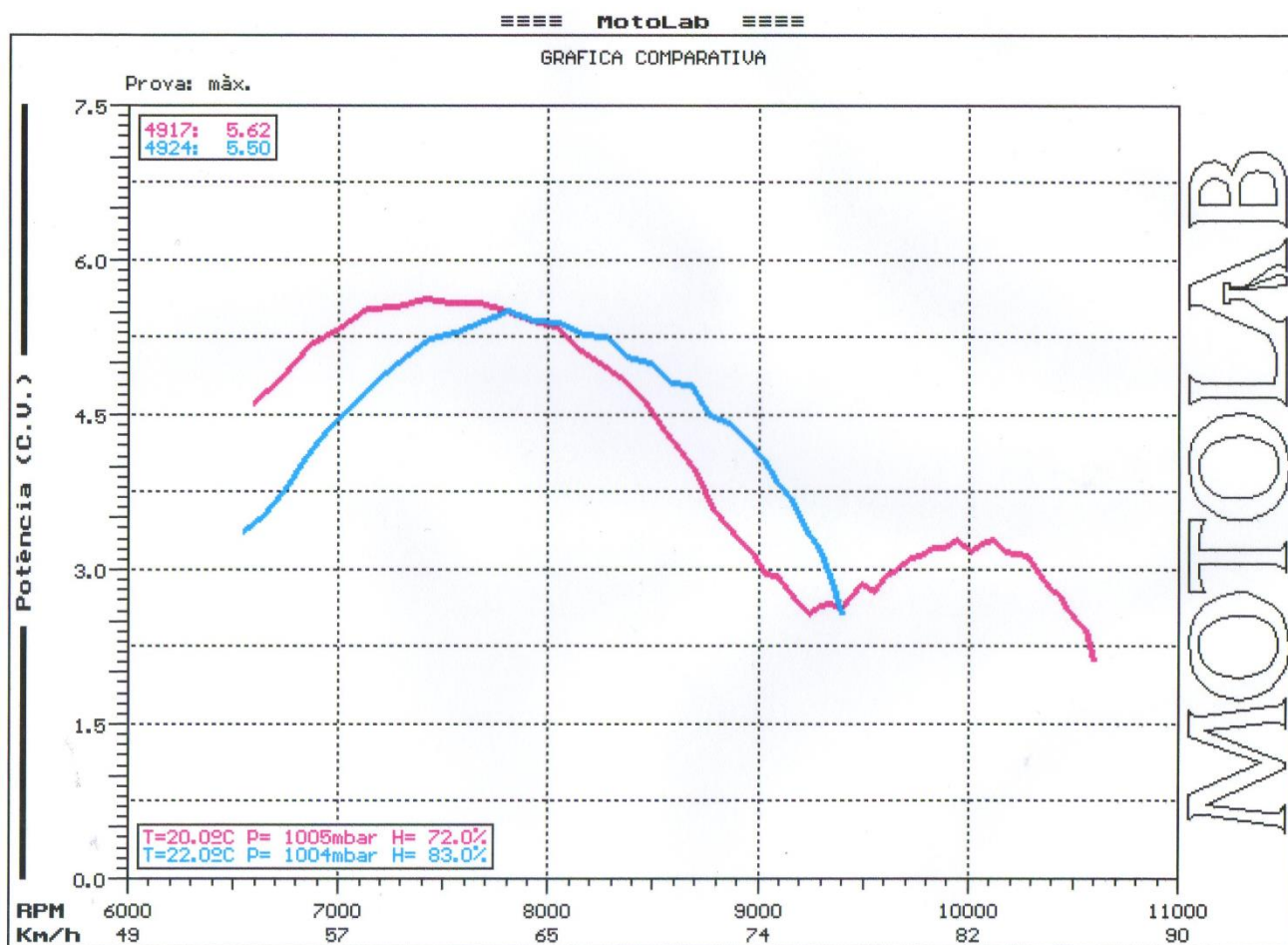


Gràfica 7.9. Gràfica comparativa entre les corbes de potència del motor de sèrie restaurat i el 2^{on} grup de modificacions.

Sens dubte, el grup de modificacions que ha tingut un efecte més significatiu pel que fa al comportament del motor ha estat el 2^{on}, es a dir el planificar el cigonyal 1,15 mm per cada lateral i perdre pressió a la cambra de combustió. En aquesta gràfica podem observar la pèrdua de potència de 0,18 CV o 0,13 kW respecte al motor de sèrie reconstruït (corba vermella, 4917) degut a aquesta modificació (corba blava, 4921) de la Gràfica 7.9

En la gràfica comparativa del parells motors del motor de sèrie i el segon grup de modificacions (gràfica no mostrada en aquest apartat de la memòria), també s'observa una petita pèrdua de parell motor de 0,028 kgm o 0,27 Nm, i com no s'arriba a les mateixes revolucions.

En la Gràfica 7.10. es mostra una comparativa entre la corba de potència del motor de sèrie reconstruït i la corba de potència amb tots els 4 grups de modificacions realitzats.



Gràfica 7.10. Gràfica comparativa entre la corba de potència del motor de sèrie reconstruït i la corba de potència amb tots els 4 grups de modificacions realitzats.

En la Gràfica 7.10 es mostra la comparativa entre el que considerem la corba inicial del motor de sèrie reconstruït, amb el 1^{er} grup de modificacions i una bona carburació (corba vermella, 4917), i la corba del motor un cop realitzats els 4 grups de modificacions (corba blava, 4924).

El primer que es veu és una pèrdua de potència de 0,12 CV o 0,09 kW i que el motor modificat no arriba al mateix nombre de revolucions màximes respecte el motor de sèrie: 9400 rpm en el motor modificat respecte a 10600 rpm en el motor de sèrie. També és prou notable la diferència de la velocitat màxima, de 9,76 km/h menys respecte al motor de sèrie.

No obstant, la potència en la corba blava tarda més a caure respecte al motor de sèrie.

8.- ASPECTES MEDIAMBIENTALS

8.- ASPECTES MEDIAMBIENTALS

A partir del segle XVIII, amb la Revolució Industrial, i fins avui en dia, l'ús massiu dels combustibles fòssils provoca efectes perjudicials al medi ambient. La utilització d'aquest tipus de combustibles, en la seva combustió emeten una gran quantitat de calor i gasos tòxics que produeixen la contaminació del medi i l'augment de la temperatura global del planeta. També contamineixen el terra i les aigües, sent un perill per a la vida humana, animal i vegetal els productes que queden sense cremar com la sutja, olis, ...

I no només afecta al medi l'ús d'aquests productes, sinó els processos necessaris per a la seva recerca, extracció i tractament previ. Es tracta del negoci que mou al món actualment, ja que darrere dels combustibles fòssils hi ha els interessos dels governs per fer-se més rics i poderosos, i pels quals hi ha hagut (i hi ha...) in comptables guerres.

Degut a que l'ús dels combustibles fòssils es un perill pel planeta Terra, els representants de diverses nacions del món es van reunir l'any 1997 per crear el **Protocol de Kyoto**, un acord internacional que té com a objectiu reduir les emissions de sis gasos d'efecte hivernacle que causen l'escalfament global [diòxid de carboni (CO_2), gas metà (CH_4), i òxid nitrós (N_2O), i tres gasos industrials fluorats: hidrofluorocarburs (HFC), perfluorocarbonis (PFC) i hexafluorur de sofre (SF_6)] en un percentatge aproximat de al menys un 5 %, dins del període que va de 2008 a 2012, en comparació a les emissions de 1990. No obstant, aquest protocol no era universal, ja que només obligava 35 països que representen el **11% de les emissions globals**, mentre d'altres com els Estats Units per exemple, els quals suposen un 25% de les emissions totals, feien cas omís a l'acord. [15]

Aquest havia sigut el protocol contra el canvi climàtic més important fins ara però el 12 de Desembre de 2015 a París, les 196 parts de la Convenció de l'ONU sobre el Canvi Climàtic, els quals representen el **95% de les emissions totals**, van aprovar el **primer acord universal i vinculant contra el canvi climàtic**. L'objectiu del pacte es que la temperatura mitjana del planeta no augmenti més de 2°C a finals de segle, però amb l'aspiració de que no pugi més d'1,5°C. Es tracta d'un text jurídicament vinculant tot i que no en la seva totalitat: no ho són els objectius nacionals de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle que presenten els països. El pacte entrarà en vigor l'any 2020 i cada cinc anys els països hauran de revisar els seus compromisos de revisió d'emissions i es marcaran metes de reducció. [14]

Durant tot el procés seguit en la part pràctica per dur a terme aquest Treball Final de Grau (TFG) s'ha intentat ser el màxim respectuós amb el medi ambient: s'ha utilitzat el mínim transport possible, s'han emprat les tècniques de treball menys contaminants, s'ha reciclat gran part dels components utilitzats, s'ha recollit i guardat **TOTS** els productes nocius o perillosos un cop utilitzats pel seu correcte reciclatge, etc.

Es vol remarcar el fet que s'ha fet un ús responsable de les energies durant la realització del TFG, així com un control de les emissions sonores i de gasos de combustió del ciclomotor en les diferents proves realitzades.

8.1.- Procés de restauració del motor i realització de modificacions

La part pràctica d'aquest projecte experimental s'ha dut a terme al garatge i pati de casa meva. No es una zona habitada com a taller però si dispo de pràcticament tots els utensilis necessaris per a la mecànica de motos i cotxes. Degut a que em dedico a la reparació i manteniment d'aquests des de fa anys, conec de primera mà el gran impacte mediambiental que això comporta per la generació de productes contaminants i tòxics (com els olis de motor o líquids de frens), l'ús de químics (dissolvents, pastes de juntes, silicones, grasses, pintures...), ferralla (per les peces que es fan malbé), plàstics (motlures interiors i exteriors dels cotxes), cartons (embalatges dels recanvis nous)...

Pel correcte tractament de tots aquests productes sobrants de l'activitat, tinc habilitada una zona per al emmagatzematge temporal de tota aquesta matèria i posterior transport i entrega a les empreses corresponents dedicades al reciclatge (Veure Fotografia 8.1).



Fotografia 8.1. Zona de reciclatge temporal habilitada al pati de casa meva.

Concretament els productes que reciclo temporalment són: olis de motor, valvulines, líquid de frens, líquids refrigerants/anticongelants, filtres d'oli, filtres de combustible, bombetes, aerosols, metalls, pneumàtics i cambres de roda, envasos de productes químics perillosos, productes químics (com dissolvents contaminants, pintures, combustibles que no serveixen,...), pastilles de fre, cartons, voluminosos (plàstics variats sobre tot) i absorbents (cartons, draps..., qualsevol material amb capacitat d'absorció que hagi entrat en contacte amb un producte perillós pel medi ambient).

Quan s'agrupen gran quantitat de deixalles, les carrego a un Opel Zafira 2.0 DTI del 1999 (el cotxe del pare, el mateix amb el qual transporto la Rieju fins al taller de Galiano, a Sant Rafael) i les transporto fins al Ecoparc de Peníscola (Camí Peníscola-Benicarló, 2, 12598, Peníscola, Castelló). Aquest Ecoparc és una zona habilitada per l'ajuntament de Peníscola pel reciclatge. És un punt que serveix per a que les empreses que s'encarreguen de tal funció puguin recollir la matèria pel seu posterior tractament i reciclatge.

8.1.1.- Restauració i muntatge del motor d'estudi

Pel desenvolupant d'aquest estudi s'ha optat per no comprar un motor Minarelli AM6, principalment pel tema econòmic si, però també per no fomentar el consum i l'ús de materials quan era viable la restauració d'un motor que ja es disposava.

Per l'obtenció del motor de partida utilitzat s'han fet servir dos motors usats (exactament iguals), muntats en ciclomotors diferents i amb problemes mecànics diferents. El fet de dur a terme aquesta pràctica suposa un gran estalvi no només en material, sinó energètic, doncs gran part d'aquest motor està fabricat amb alumini i acers de qualitat, els quals requereixen d'una gran despesa d'energia per a ser obtinguts. També s'ha fet un estalvi amb tot el que envolta un producte nou com és el transport, embalatges,...

El cilindre d'aquest motor (també es una peça reciclada) es trobava muntat al motor de la Beta, el qual estava ple d'aigua i amb la camisa afectada per l'òxid. En comptes de realitzar la compra d'un component nou, s'ha tractat la peça amb una dissolució de sulfamat al 20% i una posterior lubricació per a ser restaurat.

En quant al carburador, al filtre d'aire, al pneumàtic lliure de la roda motriu i les làmines, també han estat peces de segona mà. Eren components dels quals disposava però no tenien ús, i a l'estar en perfectes condicions han contribuït a evitar la compra d'aquests components nous i la despesa de recursos que això suposa. El mateix pel que fa al tema del xassís sobre el qual s'ha muntat el motor. Es tracta d'un ciclomotor comprat el 15 d'Abril de 2005 i que estava en desús des de feia aproximadament 6 anys.

No obstant, hi ha hagut certa despesa en una sèrie de components que necessàriament tenien que ser nous, com ha estat el cas de tots els rodaments del motor i tots els retens. També s'ha fet servir una bugia (BOSCH SUPER R6 888, equivalent a una NGK BR8HS de coll llarg) nova per evitar una pèrdua de potència degut a una bugia vella. Una bugia nova assegura una millor combustió de la mescla i redueix la producció de productes contaminants.

L'aigua que hi havia dins del motor de la Beta també s'ha recollit per a dur a ser tractada, ja que estava mesclada amb valvulina del canvi, òxids, olis, gasolina,... L'aigua refrigerant dels dos motors al ser desmuntats també ha sigut recuperada, ja que es altament tòxica. I pel que fa a la valvulina de la caixa de canvis del motor de la Rieju, també a estat convenientment recuperada.

També les juntes velles han estat apartades com a absorbents, així com els cartons i draps fets servir per a no embrutar o netejar les peces. S'han recollit també les grasses minerals utilitzades, les pastes de juntes, les restes d'oli, el desengreixant i el líquid afluixa-tot.

8.1.2.- Muntatge/desmuntatge del motor i modificacions realitzades

Durant el procés de modificació dels diferents components del motor per a buscar la millora de prestacions ha sigut necessari desmuntar i tornar a muntar el motor en diverses ocasions. Per tal de no malbaratar productes de forma innecessària, cada cop que s'ha desarmat el motor s'ha guardat el líquid refrigerant i la valvulina del canvi per tal de ser reutilitzats al tornar-lo a muntar. D'aquesta manera s'han estalviat aproximadament 4 o 5 litres de fluid refrigerant i la mateixa quantitat de valvulina del canvi.

La majoria de les modificacions han estat dutes a terme al meu garatge i he fet servir en bona part mètodes manuals. Els poliments no han sigut per mitjà de maquinaria sinó amb paper abrasiu, cosa que ha produït un petit estalvi en energia elèctrica. Només s'ha recorregut a aparells elèctrics (com la Dremel) quan la quantitat de material a rebaixar era considerable, com a l'hora d'esmlar els cantons de la biela o per a obrir les lluminàries d'admissió del cilindre. També ha suposat necessari la despesa d'energia elèctrica per a fer servir el trepant, la radial i la Dremel en operacions com la reducció de pes del rotor per mitjà de forats o l'alleugeriment del contrapès.

En tots els processos de muntatge, desmuntatge i modificació de peces s'ha evitat utilitzar eines elèctriques per a roscar o desenroscar cargols (com els petits trepants a bateria) i s'ha utilitzat eines manuals (claus allen, tornavisos, claus de tub, carraca,...). I per a assegurar l'estalvi energètic de la instal·lació, el 90% de la feina pràctica s'ha dut a terme en horari de matí o primeres hores de la tarda per poder fer servir la llum solar.

I per a l'últim grup de modificacions el segon radiador a instal·lar no s'ha comprat nou, s'ha allargat la vida útil d'un component de segona mà que es trobava en perfectes condicions per a seguir en funcionament. Aquesta acció també ha suposat un estalvi econòmic important.

8.2.- Vida útil del ciclomotor

El funcionament del ciclomotor al llarg de la seva vida útil també suposa un cert impacte mediambiental degut a que requereix l'ús de combustibles fòssils i derivats del petroli pel correcte funcionament i durabilitat del conjunt o part dels seus components. La crema d'aquesta mescla produeix certs problemes de contaminació, sobre tot atmosfèrica i acústica, i un gran despreniment de calor.

També es necessari l'ús d'altres productes com greixos per la cadena, pneumàtics, pastilles de frens, líquid de frens, valvulina, líquid refrigerant,... que són essencials per al manteniment del ciclomotor.

8.2.1.- Consum

Els motors de dos temps no tenen una eficiència del 100% i això produeix certs residus per cada cicle del motor. Els temps d'admissió de la mescla i d'escapament dels gasos produïts per la crema estan solapats en una petita part degut a que és el pistó el que té la funció d'obrir i tancar les lluminàries d'admissió i d'escapament, i degut a la geometria no es possible aïllar al 100% aquests dos processos sense obtenir temps morts al cicle. Aquesta situació produeix que en cada cicle part de mescla sense cremar s'escapa directament per la lluminària d'escapament. Aquest fet produeix que a baixes revolucions hi hagi una pèrdua de combustible, fet que obliga al conductor a mantenir el motor en un nombre de revolucions més altes per tal de disminuir la quantitat de combustible que es perd sense cremar. I mantenir el motor a revolucions altes implica més soroll, més temperatura, més desgast de les peces, ...

Tampoc la crema de la mescla que no es desaprofita es 100% completa, i part d'olis sense cremar son expulsats pel tub d'escapament. Aquests olis són també tòxics i perillosos per a la vida animal i vegetal, i al caure al terra es filtren contaminen el sòl i l'aigua en la que puguin entrar en contacte.

El combustible que fa servir es gasolina de 95 octans, tot i que també pot funcionar amb 98 octans, cosa que li proporciona un millor rendiment però també un cost més elevat pel seu consum. La gasolina suposa un impacte tant per la seva combustió (calor i emissions contaminants) com pels processos necessaris per la seva obtenció i transport.

El consum mitjà del ciclomotor és d'uns 6 L/100 km, un consum prou elevat pel vehicle que es, ja que té un pes que ronda els 90 kg i una potència i velocitat prou baixes.

I no s'ha d'oblidar que el combustible a utilitzar no es únicament la gasolina, requereix d'una certa quantitat d'oli sintètic a afegir a la gasolina (prop del 2%) per tal d'assegurar la integritat del cilindre, culata i pistó.

8.2.2.- Contaminació acústica

Per soroll ambiental s'entén el produït per una sèrie de fonts diverses, al voltant de l'home i dels ecosistemes naturals, que es perceben en un lloc determinat i que poden ser causa de molèsties i perturbacions. Un excés de contaminació acústica produeix efectes negatius per a la salut dels éssers vius com estrès, irritabilitat, danys auditius,... Segons la OMS, el soroll suportable es aquell que no supera els 80 dB, tot i que les exposicions a sorolls de entre 50 i 60 dB ja es consideren perillosos per a la salut.

El trànsit genera el 84% de l'energia acústica emesa. Així doncs, el soroll produït pel trànsit es manifesta com un dels grans problemes que afecten la qualitat de vida de l'home i especialment dels nuclis urbans.

La utilització del ciclomotor produeix una contaminació acústica prou important. Els motors de dos temps són de per si sorollosos però quan es tracta d'un motor de petita cilindrada requereix un nombre de revolucions més elevat per funcionar correctament degut a l'escassa potència de la que disposen. Aquest fet produeix una emissió sonora més elevada que ronda els 85 dB en conducció normal però pot arribar a **107 dB** en altes revolucions.

Al llarg de l'estudi d'aquest TFG s'ha tingut en compte el paràmetre del so durant la realització de les proves per tal de veure com les modificacions afecten a aquestes emissions sonores, per a comprovar la legalitat del motor obtingut i per controlar l'impacte que aquest pot causar sobre les persones i animals durant el seu funcionament.

8.2.3- Emissió de gasos contaminants

Com tot procés de combustió, la combustió de gasolina i oli suposa una contaminació en forma de gasos. El trànsit, principalment de les zones urbanes donada la dificultat que presenten a la dispersió dels contaminants atmosfèrics, és la font més important d'emissions de: monòxid de carboni (CO), òxids de nitrogen (NOx), compostos orgànics volàtils (VOC's),...

Els principals contaminants emesos pels tubs d'escapament són:

- CO, Compostos orgànics volàtils (VOC's) i partícules, com a conseqüència de la combustió incompleta del carburant. La contribució del CO generat per vehicles, en diversos països europeus, s'estima al voltant del 70% del total d'emissions (en les zones urbanes pot arribar al 100%).
- Els NOx són originats per la reacció a elevades temperatures de l'oxigen amb el nitrogen de l'aire. Com més elevada sigui la temperatura, major serà la generació de NOx. S'estima que a nivell estatal la seva emissió pot representar el 25%-50% del total (en zones urbanes pot arribar entre el 50% -70%).

- El SO₂, com a conseqüència de l'oxidació del sofre contingut en el carburant.

8.2.3.1.- Monòxid de carboni (CO)

És un contaminant típic de l'aire de les zones urbanes, la seva presència prové fonamentalment dels processos de combustió de vehicles, i per aquesta raó és un gran indicador del trànsit de la zona d'estudi. Els nivells de CO en les àrees urbanes i rurals solen estar per lo general molt relacionats amb la intensitat del trànsit de vehicles a motor, els tipus de vehicles usats, la configuració dels carrers i edificis, i les condicions meteorològiques. El 20% de les emissions de CO corresponen al trànsit urbà (per exemple Barcelona emet 150.000Tn/any de CO).

Legislació: Real Decret 833/1975

Valors límit:

45mg/Nm³ en 0,5 hores

15mg/Nm³ en 8 hores

Aquests valors estan referits a concentracions mitjanes.

Període considerat	Emergències		
	Primer grau	Segon grau	Tercer grau
24 hores	34	46	60

Taula 8.1. Valors de referència per a la declaració de la situació d'emergència pel CO expressat en g/m³[4].

8.2.3.2.- Òxids de nitrogen (NO_x)

Els més característics són: el monòxid de nitrogen (NO) i el diòxid de nitrogen (NO₂). Les emissions d'aquests contaminants provenen gairebé exclusivament de dos fonts de vehicles (lleugers i pesats) i de la combustió estacionària de carburants de fonts fixes. La major part dels òxids de nitrogen emesos pels vehicles estan en forma de NO que posteriorment es transforma en NO₂.

La proporció d'oxidació depèn de la presència d'ozó (O₃) i de la radiació solar. En àrees contaminades l'equilibri entre NO, NO₂ i O₃ (cicle folític del NO₂) depèn de les condicions meteorològiques i de la presència d'altres contaminants, en particular els hidrocarburs. La configuració topogràfica també influeix i així en carrers urbans amb edificis alts en forma de "U", solen contenir nivells de NO procedents del trànsit que són de cinc a sis vegades majors que els corresponents a NO₂.

El NO₂ es considerat de tres a cinc vegades més tòxic que el NO. Els pics en els nivells de NO₂ es pot arribar en poques hores després d'un període de trànsit intens, generalment pels matins i a la tarda, els dies clars i solejats en àrees urbanes. La seva distribució és més similar a la d'oxidants fotoquímics que a la de contaminants primaris, i conseqüentment pot causar impactes tant en àrees rurals com urbanes. El NO₂ sempre apareix associat a l'atmosfera amb el diòxid de sofre, monòxid de carboni, hidrocarburs, partícules i ozó el que dificulta detectar els efectes que produeix per sí sol.

Legislació: Real Decret 717/187 del 27 de maig (Adopta la directiva 85/203 CEEE)

Període considerat	Emergències		
	Primer grau	Segon grau	Tercer grau
1 hora	957	1270	1700
24 hores	565	750	1000
7 dies	409	543	724

Taula 8.2. Valors de referència per a la declaració de la situació d'emergència pel NO₂ expressat en g/m³[4].

7.2.3.3.- Ozó (O₃)

L'ozó és un contaminant de l'aire de tipus oxidant, d'origen fotoquímic, que es produeix per l'acció de la radiació solar i sobretot en presència d'òxids de nitrogen i hidrocarburs.

Els vehicles a motor contribueixen de forma important a la formació d'ozó per l'oxidació dels hidrocarburs a radicals peroxi a través de la conversió del NO₂ mitjançant la radiació solar.

L'ozó, a causa de la seva gran dependència de la radiació solar, és un contaminant molt estacional, des del mes de maig fins els mes de setembre la seva presència en l'aire és més important que durant la resta de l'any en raó de la major radiació solar rebuda en aquest període. Per la mateixa causa també és molt més important durant el dia que durant la nit.

Legislació: Directiva 92/72/CEE(21/09/92)

Període considerat	Umbral de protecció		
	Vegetació	Informació a la població	Alerta a la població
1 hora	200	160	360

Taula 8.3. Valors de referència per a la declaració de la situació d'emergència per a l'O₃ expressat en g/m³[4].

8.2.3.4.- Hidrocarburs totals (HCT)

Els hidrocarburs presents en l'aire són conseqüència del trànsit i dels residus de la combustió del carboni i altres materials. Aquests contaminants són un dels principals contribuents de la boira d'origen fotoquímic.

Legislació: Real Decret 833/1975

Valors límit:

280 mg/Nm³ en 0,5 hores

140 mg/Nm³ en 24 hores

El valor mitjà diari (140 mg/Nm³) no pot sobrepassar més de 15 dies durant un any o 10 dies en un semestre.

8.2.3.5.- Partícules en suspensió (PST)

Les principals fonts de partícules en suspensió són tots els processos de combustió, ja siguin industrials o de vehicles.

Legislació: Real Decret 1613/1985 de 1 d'agost que modifica parcialment el Decret 833/1975 de 6 de febrer. Modificat per el Real Decret 1154/1986 de l'11 d'abril i Real Decret 1321/1992 de 30 d'octubre que modifica parcialment el Real Decret 1613/1985.

La legislació actual referida a aquest contaminant distingeix entre fums negres i partícules totals en suspensió en funció del mètode utilitzat per analitzar les mostres de PST. Si la determinació s'efectua per reflectometria, parlem de fums negres, i si es realitza per gravimetria, de partícules totals en suspensió.

Valor límit, mètode gravimètric:

$150\text{mg}/\text{Nm}^3 \rightarrow$ mitjana aritmètica dels valors mitjans diaris registrats durant un any.

Valors guia:

$40 - 60\text{mg}/\text{Nm}^3 \rightarrow$ Mitjana aritmètica dels valors mitjans diaris registrats durant un any.

$100 - 150\text{mg}/\text{Nm}^3 \rightarrow$ En 24 hores, valor mitjà diari.

8.2.3.6.- Diòxid de Sofre (SO_2)

El diòxid de sofre és un dels principals contaminants dels compostos de sofre que es generen en gran proporció en processos industrials de combustió i en menor quantia per vehicles dièsel. Es considera un indicador de l'estat general de la contaminació.

La presència simultània de SO_2 i partícules en suspensió produeix un efecte en general, més perjudicial que si es troben aïllats. Per aquest motiu la legislació en el moment de fixar els diferents límits permissibles de concentració de SO_2 contempla els dos contaminants conjuntament i condiciona els valors de SO_2 a la presència de partícules totals en suspensió.

Legislació: Real Decret; 1613/1985 de l'1 d'agost que modifica parcialment el Decret 833/1975 del 6 de febrer. Modificat per el Real Decret 1154/1986 de 13 d'abril i Real Decret 1321/1992 del 30 d'octubre que modifica parcialment el Real Decret 1613/1985.

Valors guia de SO_2 :

$40 - 60\text{mg}/\text{Nm}^3 \rightarrow$ Mitjana aritmètica dels valors mitjans diaris registrats durant un any.

$100 - 150\text{mg}/\text{Nm}^3 \rightarrow$ En 24 hores, valor mitjà diari.

8.2.4.- Manteniment

No només requereix gasolina i oli per a funcionar el ciclomotor del projecte sinó, que com qualsevol altre ciclomotor o motocicleta, es necessari una sèrie de manteniments preventius com el canvi dels fluids que utilitza o el canvi d'algunes de les seves peces, que amb el temps es deteriorenen.

És necessari mantenir la cadena de transmissió greixada per a evitar el desgast prematur d'aquesta i el del plat i pinyó. Això implica l'ús de grasses, que poden ser minerals o de liti. Part d'aquesta grassa amb el temps i l'ús es torna més líquida i cau de la cadena contaminant el terra. Tot i que són quantitats molt petites, aquesta grassa resulta tòxica per a la vida.

El líquid de frens també es un oli hidràulic contaminant que necessita ser tractat per a reciclar-lo. Aquest oli té la capacitat d'absorbir aigua amb el temps i produeix que els frens perdin eficiència. Es recomana canviar-lo cada 2 o 3 anys (és una pràctica que no duu a terme quasi ningú).

Com s'ha comentat abans, els fluids refrigerants que s'utilitzen també presenten un important risc al medi ambient. Són tòxics i si van a parar als rius o mars també poden alterar els punts de congelació (està clar que haurien de ser vessaments de gran envergadura). També es recomana canviar el líquid de refrigeració cada 2 o 3 anys ja que perd efectivitat. Es necessari emmagatzemar aquests tipus de fluids per ser tractats i reciclats.

La caixa de canvis del motor AM6, així com l'embragatge, van mullats amb oli sintètic (valvulina SAE 10W40). Aquesta valvulina no s'ha de canviar gaire sovint però si es aconsellable fer-ho cada 100.000 km aproximadament. De totes maneres, es molt habitual que es canviï quan es realitza un canvi de discs d'embragatge o quan s'obri el motor. La quantitat que fa servir el motor és d'aproximadament 1 L i, com tots els olis, el seu reciclatge es necessari. S'ha de dur a tractar per a ser reciclat ja que es altament contaminant i perillós per al medi ambient.

Un altre manteniment que suposa una despesa de material és el dels frens. El ciclomotor per a frenar fa servir el sistema de discs i pastilles. Amb el temps, les pastilles es desgasten degut al fregament al que es sotmeten a l'hora de frenar i es necessari canviar-les abans que es gastin del tot. Si això ocorre, quan frenem es produeix el contacte ferro amb ferro entre el disc i la base de les pastilles de fre, fent malbé els discs i obligant-nos a canviar-los també.

La part que es fa servir per a frenar de les pastilles de fre, el ferodo, està compostat de materials perillosos per a la salut com l'amiant (la seva inhalació produeix càncer). Així que també és un residu que s'ha de tractar ja que es perjudicial per a la salut.

Els pneumàtics són una part molt important del manteniment del vehicle ja que la existència d'aquest producte també té un gran impacte sobre el medi ambient, doncs prové del petroli. Amb l'ús els pneumàtics es desgasten pel fregament amb el terra i la temperatura, perden la capacitat d'adherència. Encara que no tinguin massa ús, el pas dels anys també els deteriora endurint-los i provocant la pèrdua de propietats. Es recomana canviar-los quan s'arriba a un màxim de desgast o cada 4/6 anys. Un cop acabada la vida útil dels pneumàtics per als vehicles es reciclen per altres aplicacions com es la construcció de carreteres.

Cada cop s'utilitzen més els pneumàtics "TUBELESS" que són els que no requereixen d'una cambra interior per al seu muntatge i funcionament, però en el nostre cas s'equipen dos rodes amb cambra. Aquestes cambres també són fetes de derivats del petroli i han de ser reciclades un cop acabada la seva vida útil.

El filtre d'aire també es una part que requereix un manteniment. El que he equipat al ciclomotor no té caixa i l'escuma està més sotmesa a la brutícia exterior. També s'embruten prou per dins aquests filtres degut a que el carburador escup una mica de mescla en certes ocasions i això fa que l'oli de la mescla es quedi a l'escuma. Quan el filtre està brut no deixa passar la quantitat d'aire que deuria i el rendiment del motor es veu afectat, augmentant el consum i disminuint la potència. Es recomanable revisar el filtre d'aire cada mes o dos mesos, depenent de l'ús del ciclomotor. Per netejar-los es fa servir dissolvents o la mateixa gasolina. El fluid utilitzat per netejar el filtre és contaminant i no es pot dipositar a qualsevol lloc, ha de ser tractat. Amb el temps, aquest filtres es desintegren i es necessari canviar-los per uns de nous, amb la despesa que això comporta (material i econòmica). També hi ha models que munten filtres de gasolina. Aquests filtres duren més però també es poden obstruir i requereixen ser canviats cada cert temps.

Un altra acció de manteniment normal que acostuma a produir residus és el canvi dels tubs de plàstic. Aquest tubs es fan servir per fer circular la gasolina, olis, sobrants i el fluid de refrigeració. Solen ser de goma o plàstic dur i amb el temps s'esquerden i s'endureixen, fet que ens obliga a substituir-los per evitar pèrdues o ruptures. Aquests tubs també procedeixen de derivats del petroli i han de ser reciclats. El més habituals de canviar són aquells que es troben en contacte amb la gasolina.

Aquests són els residus més habituals en quan al manteniment del ciclomotor.

8.3.- Reciclatge dels components del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil

Un cop acabada la vida útil del ciclomotor, degut al que ha suposat en la meua vida, tant per la compra i el seu ús quan tenia 14 anys, com per haver-se convertit en el meu Treball Final de Grau, la faré servir d'exposició. Tampoc descarto la possibilitat de fer servir en un futur el xassís per al desenvolupant d'un prototip de ciclomotor elèctric (ja que la meua intenció és seguir amb la meua formació de cara a la minimització de l'ús de combustibles fòssils i contaminants).

No obstant, si es procedís al desguàs del ciclomotor es podrien reciclar la major part dels components, ja sigui per donar una segona vida a les peces tal qual (com jo vaig fer per obtenir el motor d'estudi o amb el segon radiador) o portant-los a empreses de reciclatge que les puguin tractar per fer servir com a matèria primera per a altres finalitats.

A continuació s'ha realitzat una taula (Taula 8.4) amb els codis que registra el reciclatge d'alguns dels materials del ciclomotor i les seves vies de gestió una vegada acabada la seva vida útil.

MATERIAL	CODI LER	CODI CER	DESCRIPCIÓ	VIES DE GESTIÓ ORIENTATIVES
Acer	170405	06.11	Ferro i acer	V41
Alumini	170402	06.23	Alumini	V41
Plàstics	200139	07.42	Plàstics no contaminats	V12

Pneumàtics	160103	07.31	Pneumàtics fora d'ús	V52
Oli sintètic	130206	01.31	Valvulina del canvi	T62
Absorbents	150202	03.14	Draps, cartrons, teles,...utilitzades per a la neteja de productes perillosos	T24
Cables	170410	10.22	Cables i sobrants	V45
Envasos de paper i cartró	150101	07.21	Embalatges de productes nous, recanvis, pastes,...	V51
Electrònica	200136	08.23	Equips elèctrics i electrònics	V41
Dissolvents	140603	01.12	Dissolvents utilitzats per a netejar restes d'olis, greixos,...	V21
Àcids	200114	01.21	Residus àcids	V43

Taula 8.4. Reciclatge d'instal·lació i dels components del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil [16] i [17].

El significat de les diverses vies de gestió esmentades anteriorment és:

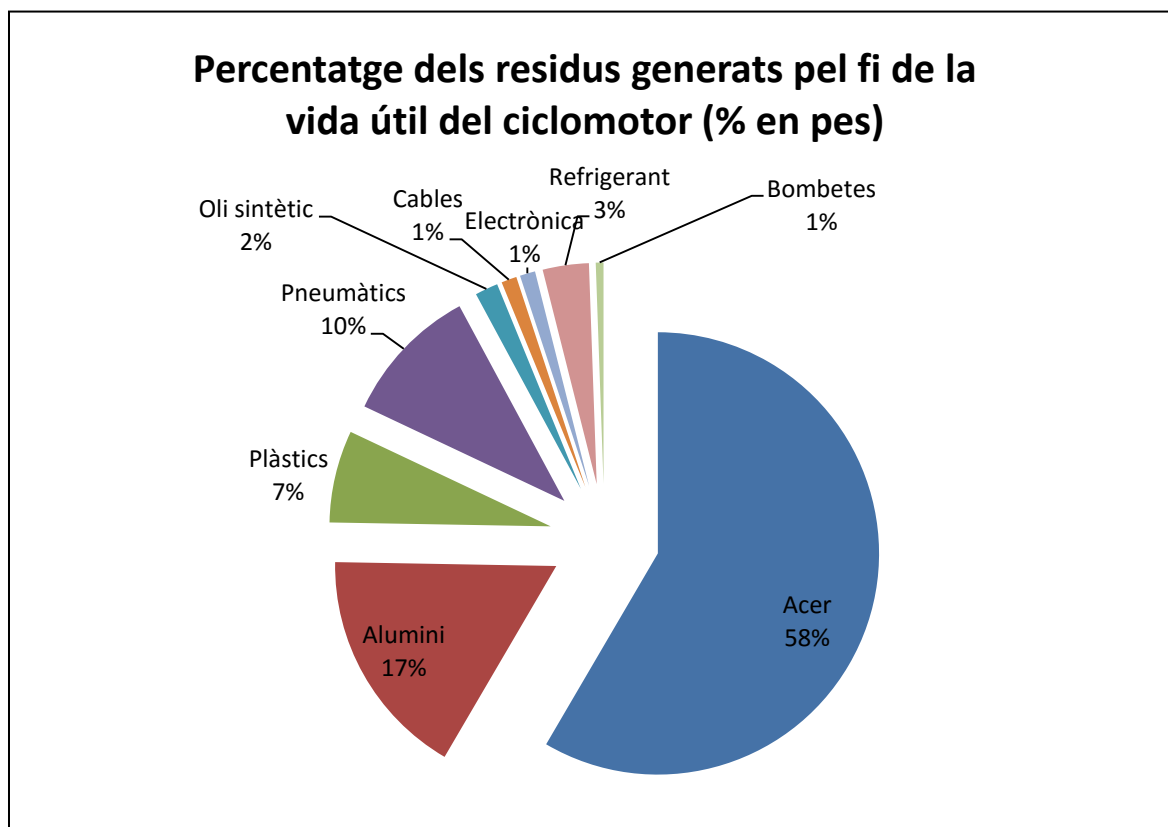
- T24: Tractament per evaporació
- T62: Gestió per un centre de recollida i transferència
- V12: Reciclatge de plàstics
- V21: Regeneració de dissolvents
- V41: Reciclatge y recuperació de metalls o compostos orgànics
- V43: Regeneració d'àcids o bases
- V45: Recuperació de cables
- V51: Recuperació, reutilització i regeneració d'envasos
- V52: Recuperació de pneumàtics

A la taula següent (Taula 8.5) s'exposa les diferents empreses de la província de Barcelona que s'encarreguen de la gestió de residus un cop acabada la vida útil del ciclomotor.

NOM DE LA EMPRESA	CODI GESTOR	DIRECCIÓ DE L'EMPRESA	OPERACIONS AUTORITZADES
Auson Verd, S.L.	E-330.96	C/Ciència, 16 (Gavà)	V41, T62
Ecológica Ibérica y Mediterranea, S.A.	E-49.92	Final moll inflamables, s/n (Port de Barcelona)	T24, T31, T32, T33, V23, V43
Alreplast, S.L.	E-303.96	C/Cobalt, 175, nau 10 (L'Hospitalet de Llobregat)	V12
Llorens Isbert, S.L.	E-82.94	C/Luxemburg,1, parc 63 (Igualada)	T11, T12, T62, V11, V12, V13, V14, V15, V21, V42
Metanjour, S.L.	E-788.02	C/Enric Morera, 43 (L'Hospitalet de Llobregat)	V41, V45
Reenvas, S.A.	E-74.94	Av. Sant Julià, 260 (Granollers)	V51
Alfredo Mesalles, S.A.	E-121.95	Av. Bertran i Güell, 25 (Gavà)	V52

Taula 8.5. Taula d'empreses que podrien gestionar els residus del ciclomotor un cop acabada la seva vida útil [18].

Per fer més visual la proporció de residus que genera el ciclomotor un cop acabada la seva vida útil, s'adjunta tot seguit una gràfica de pastís amb el % en pes aproximat que suposarà cada element. El pes de la motocicleta segons la fitxa tècnica (tal i com ve d'origen) és de 89 kg amb el dipòsit buit.



Gràfica 8.1. Estimació del percentatge (% pes) dels residus generats un cop finalitzada la vida útil del ciclomotor.

8.4.- Conclusions mediambientals sobre aquest Treball Final de Grau

S'ha intentat mantenir els paràmetres de sorolls i emissions de gasos d'escapament dins de la legalitat per tal que el ciclomotor amb el motor modificat pugui circular per la via pública.

Segons el reglament de la ITV, el màxim nivell sonor que ha d'emetre el ciclomotor a 3.375 rpm és de 87 dB, situant el sonòmetre a uns 50 cm de la boca de l'escapament [19]. El ciclomotor Rieju SPIKE de l'any 2005 no ve equipat amb un comptador-revolucions al marcador de sèrie i per tant, jo no he disposat de cap eina per a poder mantenir el motor a 3.375 rpm. Les mesures del nivell sonor s'han efectuat en el banc de proves fent arribar el motor pràcticament al màxim de revolucions amb el que totes les mesures superen de sobra els 87 dB, ja que la lectura més alta ha estat de 110,1 dB. Òbviament això ha estat a un màxim de 11.300 rpm i no pas a les 3.375 rpm que marca el procediment de la ITV.

No obstant, un cop finalitzades totes les modificacions, amb el motor calent i intentat mantenir-lo a unes 3.375 rpm (a orella, clar...), les emissions sonores del ciclomotor ronden els 90 dB, i segons el fabricant haurien de ser 87 dB [19]. La diferència es prou petita (3 dB) i segurament es deguda al desgast de la fibra del silenciador del escapament, ja que no s'ha canviat mai i té més de 10 anys. De totes formes, els efectes sobre la salut es poden considerar similars als del nivell sonor del motor de sèrie.

Deixant la legalitat a una banda, es tracta d'un motor molt sorollós (com tots els de 2 temps).

I pel que fa a les emissions de gasos del ciclomotor, segons el reglament de la ITV el màxim per a vehicles amb emissions no regulades per un sistema avançat de control d'emissions es de 4,5% en volum de CO [13]. La lectura d'emissions de CO més alta ha estat de 3,7 %, un cop realitzat tots els conjunts de modificacions, amb que el ciclomotor podria circular legalment per la via pública, sense suposar una quantitat d'emissions superior a la resta de vehicles de les seves característiques.

Els ciclomotors són apreciats per la comoditat que suposen a l'hora d'aparcar, el poc pes i la facilitat de conducció. Però en quan al consum, per a la potència que tenen, la velocitat i el pes, és prou alt. Partint que depèn directament del tipus de conducció, revolucions, terreny,..., el fet que un cotxe d'uns 1.500 kg pugui fer un consum de 4'5 o 5 L als 100 km (com es el cas del meu BMW 320 D E46, 2000cc dièsel de 136 CV de l'any 2000) i un ciclomotor de 49 cc, de menys de 90 kg i amb motor de 2 temps faci un consum de 6,0 ó 6,2 L als 100 km..., no es un motor precisament eficient. El fet que l'alimentació sigui per carburador i no per injecció controlada electrònicament provoca un consum molt més elevat.

El simple fet de tractar-se d'un motor de dos temps i que fa servir combustible fòssil pel seu funcionament ja deixa clar que el seu funcionament causa un impacte negatiu al medi ambient. Però a part de l'impacte que suposa la seva fabricació, on no entrem perquè pot ser massa extens, el seu funcionament produeix contaminació sonora, emissions de gasos contaminants (i perillosos) i, amb menor mesura, contaminació per abocaments al sòl de productes perillosos com són greixos, olis sense cremar, carbonissa,...

Amb relació a les operacions de modificació realitzades a les diferents peces del motor, l'impacte que aquestes accions hagi pogut causar és prou baix. Pràcticament només s'ha fet servir energia elèctrica i poca, papers abrasius i alguna fresa. I amb la neteja s'ha sigut molt cautelós de recollir els dissolvents i absorbents utilitzats.

En quant a les modificacions realitzades, pràcticament no s'han fet servir components nous, s'han reutilitzat tots els líquids i les peces afegides com el segon radiador, els tubs d'ampliació del circuit refrigerant, les abraçadores metàl·liques..., eren de segona mà.

Finalment, remarcar que de cara a les instal·lacions on s'ha treballat, s'ha procedit de la mateixa manera que ho faig quan treballa amb automòbils, sent molt conscient de la perillositat dels productes amb els que treballa, recollint-los, emmagatzemant-los i portant-los a empreses encarregades del seu tractament necessari per a causar els menors danys possibles al medi ambient.

9.- CONCLUSIONS

9.- CONCLUSIONS

9.1.- Conclusions tècniques

Després d'experimentar la realització de diverses modificacions sobre alguns components del motor (com el cigonyal, la biela, el rotor, la culata, el pistó, el contrapès i el rotor) s'observa com **NO s'ha obtingut una millora de les prestacions del motor**. S'ha perdut un 2,14% de potència màxima (de 5,62 CV o 4,13 kW a 5,5 CV o 4,05 kW), un 9,17% de parell motor màxim (de 0,556 kgm o 5,45 Nm a 0,505 kgm o 4,95 Nm), i 11,22% de velocitat màxima (de 86,97 km/h a 77,21 km/h).

I pel que fa al consum, tot i que no és excessivament fiable el mètode utilitzat, ha augmentat prop d'un 4,72% (de 5,93 L/100 km a 6,21 L/100 km).

El nivell sonor també a augmentat lleugerament però es podria menysprear, igual que amb la temperatura. Els rang de soroll ha estat entre 103,9 dB i 110,1 dB, i el rang de temperatures a la paret del cilindre durant la realització de les proves al banc ha estat de 38,1 C° a 58,2 C°.

La vibració del motor, encara que no s'ha disposat de cap medi per quantificar-la, no ha variat segons les sensacions de conducció experimentades.

En el tema de les emissions de gasos contaminants es on més s'ha observat un efecte de les modificacions realitzades. Han augmentat respecte al motor de sèrie restaurat un 42,31% (de 2,6% en volum a 3,7 en volum %) les emissions de CO; i un 14,08% els ppm d'HC (de 4.900 ppm a 5.590 ppm).

La realització del primer grup de modificacions, que consistia en polir la cambra de combustió del càrter, la cambra de combustió de la culata i donar un acabat en punta als cantons de la biela, ha suavitzat el funcionament del motor però no ha millorat la potència, ni el parell motor ni la velocitat màxima. Es una operació que requereix de moltes hores de feina i no la considero necessària per a una moto de carrer. Per a competició seria potser més interessant. Els costos econòmics d'aquest grup de modificacions ha estat el de 3 fulles de paper abrasiu (P320, P800 i P1000) i un esprai de dissolvent neteja frens en material i unes 6 hores de feina, que sumen un total de 115,1 €.

Amb el segon grup de modificacions només s'ha rebaixat mínimament el pes del cigonyal i s'han tapat els orificis travessants, però s'ha fallat amb la planificació de la culata, amb el que no s'ha pogut provar l'efecte d'aquesta sobre el motor. El fet d'haver rebaixat el pes del cigonyal planificant 1,15 mm els laterals i, per tant, reduint el seu volum, ha provocat una pèrdua de potència màxima (de 0,18 CV o 0,13 kW), de parell motor màxim (0,028 kgm o 0,27 Nm) i de velocitat màxima (8,17 km/h) degut a la disminució de compressió en la cambra de combustió. La forma d'alleugerir el cigonyal correctament no passa per reduir el seu volum, sinó per reduir la massa mantenint la inèrcia, es a dir, alleugerint només la meitat superior (on es troba el boló que l'uneix amb la biela) per a provocar que quan el pistó es desplaça cap a dalt o cap a baix ho faci amb més agressivitat. L'operació de tapar els forats travessants del cigonyal però, ha sigut positiva, ja que ha minimitzat una mica els efectes negatius de la planificació dels laterals al reduir les turbulències al pas de la mescla per la cambra de combustió del cigonyal. El cost d'aquest grup de modificacions ha estat el més significatiu: un total de 245,0 € (3 hores de mà d'obra, un viatge d'anada i tornada a Castelló i les operacions realitzades al cigonyal i la culata).

No obstant, per mitjà de la simulació amb el programa SIEMENS NX8, hem pogut estudiar les tensions i deformacions que sofreix el cigonyal durant el funcionament del motor, i hem comprovat com la planificació realitzada de 1,15 mm a cada lateral del cigonyal no afecta pràcticament la durabilitat del component. Arribant a una deformació màxima en el boló que uneix les dues meitats del cigonyal de $1,89 \cdot 10^{-4}$ mm, i obtenint una tensió de Von Mises màxima de 3,07 MPa on s'uneixen els eixos amb els laterals del cigonyal, i on s'uneix el boló amb les dues meitats del cigonyal. Com aquesta tensió està molt lluny de la tensió límit de mòdul elàstic del material (acer AISI 4340, amb tensió límit de mòdul elàstic de 210.000 MPa), no hi ha perill de fallida.

Amb el tercer grup de modificacions (alleugeriment del rotor i del contrapès, i perforació del pistó) s'ha aconseguit recuperar un mínim de potència màxima (tan sols 0,06 CV o 0,044 kW) respecte a als efectes de les modificacions del segon grup i un mínim de velocitat màxima (0,73 km/h), però s'ha perdut parell motor màxim (0,023 kgm o 0,226 N·m). Els motors Minareli AM6 estan molt equilibrats de sèrie i el fet d'alleugerir components per separat de forma arbitrària produeix un desequilibrat del motor i pèrdua de prestacions. Seria interessant estudiar els efectes sobre el funcionament del motor de cadascuna de les modificacions realitzades en aquest grup per separat, ja que la petita recuperació de potència segurament ha estat per la reducció de pes del rotor però ha canviat el comportament de la corba de potència. I el fet d'haver perdut inèrcia és el principal responsable d'haver perdut velocitat màxima. També l'augment de la retenció d'oli pels orificis realitzats al pistó sembla ser el responsable de l'augment del 42,31% de les emissions de CO i del 14,08% dels ppm d'HC.

La despesa econòmica d'aquestes modificacions ha estat totalment deguda a les hores de feina, 3 hores per obrir i tancar el motor, i muntar-lo al xassís, i 6 hores per la mecanització de les peces. El total puja a 163,35 €.

I amb la instal·lació del segon radiador al quart grup de modificacions no s'han observat efectes sobre la potència i parell del motor, però sí una pèrdua en velocitat màxima de 2,32 km/h i un augment del consum de 0,28 L/100 km (efectes lògics d'augmentar la resistència de gir del motor).

La temperatura durant la realització de la prova al banc i de la prova de consum pel circuit tampoc s'ha vist massa alterada per aquesta modificació. Els dos radiadors s'escalfen i refreden al mateix temps, el que vol dir que els dos treballen correctament. No hi ha cap pèrdua i s'ha augmentat la quantitat de fluid refrigerant del circuit un 83,34% (0,5 L més). Per determinar la conveniència d'aquesta modificació caldria provar el ciclomotor en condicions més extremes i durant més temps. No obstant, per l'experiència i característiques d'aquests petits motors de dos temps, és una de les modificacions més interessants. El cost d'aquesta operació ha estat de 22,5 € en material i 30 € en mà d'obra (2 hores), sumant un total de 58,3 €.

Amb l'estudi realitzat en aquest TFG s'ha demostrat que els motors Minarelli AM6 estan **molt optimitzats**, ja que qualsevol modificació altera de forma important les seves prestacions i es requereix d'un estudi molt més profund per a la millora d'aquestes.

El cost de la restauració del motor inicial ha estat de 319,89 €; el dels quatre grups de modificacions de 581,72 €; i el de les pujades al banc de proves de 143,39 €. També cal afegir el cost de la gasolina i oli utilitzats, que sumen 14,18 €. Amb tot això, *el cost total aproximat del projecte es de 1.059 €* (ANNEX A.5).

9.2.- Conclusions i valoracions personals

La realització d'aquest TFG ha suposat per a mi un aprenentatge que no hagués imaginat mai. El fet de dur a terme totes aquelles operacions que feia quan passava tots els dies al garatge modificant tots els ciclomotors que tenia al meu abast, les que no m'atreia a realitzar, i comprovar com afecten al rendiment del motor per mitjà d'un banc de proves, ha estat una experiència inoblidable per a mi. El fet de comprovar si realment millorava les prestacions o no amb aquelles operacions que he realitzat tantes vegades ha estat més que reconfortant. He calmat el neguit que he dut dins durant tants anys amb uns resultats que no imaginava.

També m'ha sorprès tot el que he après sobre els motors en general però en especial sobre els Minarelli AM6, ja que pensava que no hi havia res sobre aquests motors que jo no sabés.

S'ha intentat fugir de les modificacions més típiques (canviar escapament, instal·lar un cilindre més gran, augmentar l'admissió...) i això ha estat el que ha donat més dificultat en aquest projecte. Els resultats del projecte no han estat com esperava ni he pogut realitzar tot el que volia fer, però sens dubte estic satisfet amb la feina feta i amb l'experiència de viure la realització d'un projecte experimental. I m'ha sorprès el fet que aquests motors estiguin tant optimitzats, cosa que ni imaginava en un principi.

Pel que fa a les modificacions realitzades, crec que els poliments i la instal·lació d'un segon radiador són operacions que valen la pena dur a terme en aquests vehicles. No obstant, no puc evitar sentir una mica de decepció personal per no haver aconseguit millorar significativament les prestacions, cosa que estava segur que tindria lloc abans d'iniciar el projecte.

Estic convençut però, que la memòria d'aquest projecte no reflecteix la quantitat d'hores que hi ha treballades i la quantitat de dificultats que he trobat. Durant mesos tots els dies de la setmana han sigut exactament iguals, dedicats amb la seva totalitat al projecte. Inclús somiant pensava possibles solucions als entrebancs amb els que em trobava !!

Durant la realització del mateix, he patit una mica pel fet de no tenir al dia els papers del ciclomotor i per la possibilitat existent en tot moment de la confiscació del vehicle i de sanció econòmica per part de les autoritats (ja que no podia circular per via urbana).

Una de les millors aportacions d'aquest projecte, i que més celebrego, ha estat el conèixer als mecànics Jose Manuel Galiano de los Aires i Cisco Fumadó. La seva generositat, amabilitat, interès i les seves aclariments del perquè de les reaccions del motor a totes les modificacions que he realitzat, han fet que entengui i aprengui moltíssim sobre aquests motors i alguns dels mètodes de millora de rendiment, així com haver augmentat més encara la meva passió per la mecànica en general.

Quan vaig decidir el tema del TFG estava desmotivats, només volia cursar el projecte per a finalitzar els estudis de Grau en Enginyeria Mecànica, ja que tot el grau ha estat molt teòric i genèric. Però la realització del projecte m'ha il·lusionat i m'ha despertat de nou les ganes de seguir estudiant i aprenent sobre la meua afició. De ben segur que el millor record que tindrà d'haver cursat el Grau en Enginyeria Mecànica serà la realització d'aquest projecte.

9.3.- Futures línies de treball

Els resultats finals d'aquest estudi no han estat satisfactoris i han evidenciat la dificultat d'intentar millorar les prestacions d'aquest motor modificant el cigonyal, el rotor, el contrapès i la culata. No obstant, si que ha determinat accions que no s'han de fer, com ara reduir volum del cigonyal per alleugerar-lo o rebaixar el pes del contrapès. I m'han deixat amb ganes d'ampliar l'estudi realitzant unes altres modificacions.

No descarto realitzar una ampliació d'aquest estudi en un futur però partint d'un cigonyal i contrapès sense modificar, i provar els efectes de només el rotor reduït per a valorar si realment aporta millores de prestacions ja que el fet de reduir el pes d'aquesta peça ha provocat una recuperació de la potència en aquest estudi. Encara que amb un cost prou més gran, seria interessant provar-ho amb un rotor rebaixat i equilibrat per un ordinador de control numèric (CNC), per tal d'evitar al màxim els possibles desequilibrats.

Una altra prova seria augmentar la mida dels forats del cigonyal per alleugerir-lo sense la reducció de volum, i tapar-los posteriorment amb tefló per evitar la creació de turbulències en la cambra de combustió. Sent conscient que tindria un cost elevat, el cas ideal seria provar això en un cigonyal una mica més voluminós per reduir l'espai de la cambra de combustió del càrter i veure si augmenta la compressió, i per tant, la velocitat d'entrada del combustible al cilindre. Es buscaria així l'efecte contrari a l'obtingut amb el cigonyal modificat en aquest projecte.

Com a tercera idea important, i no contemplada en aquest projecte, m'agradaria estudiar el comportament del motor alleugerint el pes de la massa d'embragatge. El cas ideal (però car) també seria fer servir una màquina de control numèric (CNC) per perforar i equilibrar la peça.

O inclús estudiar la possibilitat d'instal·lar un embragatge d'un sol disc i en sec, com el dels automòbils.

Com aquestes tres operacions comportarien una gran despesa econòmica, la forma de procedir seria realitzar un estudi a fons del comportament de les peces modificades mitjançant simulacions amb el programa SIEMENS NX8. Així podríem aproximar més el pes màxim a alleugerir i la forma geomètrica de com fer-ho, sense comprometre la fiabilitat dels components.

10.- BIBLIOGRAFIA

10.- BIBLIOGRAFIA

10.1.- Manuals Docents, Manuals i Catàlegs Tècnics

- [1] RIEJU. “Catálogo 2005” Rieju Motorcycles.
RIEJU, 2005, 14 pàg.
- [2] Catàleg de residus de Catalunya
1ª Edició: Barcelona, Desembre de 1999, ISBN 84-393-4842-8.
Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus
- [3] Pràctica 4, assignatura DSAO, curs 2012/2013.
Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (UPC), 13 pàg.

10.2.- Projectes Fi de Carrera i Treballs Final de Grau

- [4] Hurtado Trilla, Miquel. *“Estudi de la possible millora de la potència d'un motor de motocicleta de 250 cc i de 4 temps en funció dels sistemes d'admissió, d'escapament i de refrigeració.”*
TFG, EPSEVG - UPC, Vilanova i la Geltrú, 2 de Juliol de 2014.
- [5] Novo Mazuelos, Manuel. *“Puesta a punto y modificación de un motor de gasolina de ciclo dos tiempos.”*
PFC, EPSEVG -UPC, Vilanova i la Geltrú, Juliol de 1993.

10.3.- Pàgines Web (Webgrafia)

- [6] <http://www.recambioclasico.com/index.php/reportajes-y-pruebas/43-historia-del-ciclomotor.html>

Pàgina web on es venen recanvis i accessoris per a vehicles clàssics i on s'hi poden trobar articles i reportatges.

Data de consulta: Febrer de 2016.

[7]

https://www.google.es/search?q=ciclomotor+a%C3%B1o+1910&esqv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHpMbCwpDLAhXIThQKHxO0Dp8Q_AUIBigB#tbn=isch&q=bicicleta+a+motor+1910&imgsrc=v5Uqbl5gXx-VhM%3A

Pàgina web d'imatges del buscador de Google on hi ha una imatge de la bicicleta a motor FN 1910.

Data de consulta: Febrer de 2016.

[8]

https://www.google.es/search?q=ciclomotor+a%C3%B1o+1910&esqv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHpMbCwpDLAhXIThQKHxO0Dp8Q_AUIBigB#tbn=isch&q=motocicleta+con+pedales+1910&imgsrc=tVtLpDN7mmdW4M%3A

Pàgina web d'imatges del buscador de Google on hi ha una imatge d'una motocicleta amb pedals de l'any 1913.

Data de consulta: Febrer de 2016.

[9]

https://www.google.es/search?q=ciclomotor+a%C3%B1o+1910&esqv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHpMbCwpDLAhXIThQKHxO0Dp8Q_AUIBigB#tbn=isch&q=mobylette+1950&imgsrc=EFkBwEyrNN5o7M%3A

Pàgina web d'imatges del buscador de Google on hi ha una imatge d'un anunci antic d'una MOTOBÉCANE MOBYLETTE de l'any 1955.

Data de consulta: Febrer de 2016.

[10]

https://www.google.es/search?q=ciclomotor+a%C3%B1o+1910&esqv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHpMbCwpDLAhXIThQKHxO0Dp8Q_AUIBigB#tbn=isch&q=V%C3%89LOSOL%C3%89X+1945&imgsrc=ECc-IUeEaoQCBM%3A

Pàgina web d'imatges del buscador de Google on hi ha una imatge d'una VÉLOSOLÉX ORBEA de l'any 1955.

Data de consulta: Febrer de 2016.

[11]

<http://www.motosmariano.com/CatalogoD.aspx?ID=441&IDPROD=607458&IDCAT=2863&IDSUBCAT=4780>

Pàgina web d'una tenda de recanvis on hi ha una imatge d'un filtre d'aire original de sèrie d'una Rieju SM SPIKE del 2005.

Data de consulta: Febrer de 2016

[12]

<http://www.motolab.net/>

Pàgina web de la marca Motolab on es dona informació sobre el seu banc de proves.

Data de consulta: Febrer de 2016.

- [13] http://www.minetur.gob.es/industria/es-ES/participacion_publica/Documents/manual-itv-febrero2015.pdf

Pàgina web on podem trobar el manual de procediments de ITV de l'any 2015.
Data de consulta: Març de 2016.

- [14] <http://www.20minutos.es/noticia/2626828/0/cop21-paris-emisiones/acuerdo-reduccion/pacto-climatico/>

Pàgina web del diari "20 minutos" on s'hi troba la notícia de la cimera de París per al canvi climàtic del 12 de Desembre de 2015.
Data de consulta: Maig de 2016.

- [15] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Pàgina web on trobem el "PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO" en PDF.
Data de consulta: Maig de 2016.

- [16] <http://www.arc-cat.net/ca/aplicatiu/cer/jr-42000.asp>

Pàgina web de l'Agència de Residus de la Generalitat de Catalunya on podem consultar diferents catàlegs d'on dur els residus a reciclar i els seus codis .
Data de consulta: Maig de 2016.

- [17] <http://www.ine.es/daco/daco42/resiurba/equivalencias.pdf>

Taula d'equivalències entre codis LER i codis CER.
Data de consulta: Maig de 2016.

- [18] <http://www.residuos.com/gestores/provincia/10/>

Pàgina web on es poden trobar les empreses gestores de residus de la província.
Data de consulta: Maig 2016.

- [19] http://perso.wanadoo.es/oplana/propostaamf/libro_ruido_motos.pdf

Taula de valors de referència per a l'assaig amb el vehicle parat (ITV).
Data de consulta: Maig 2016.